

TUGAS AKHIR - MO 141326

ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN GAS
PELINDUNG HASIL PENGELASAN GMAW TERHADAP
KEKUATAN MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM
SERI 5083

Dicky Rizki Firmansyah

NRP. 4313 100 044

Dosen Pembimbing :

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.

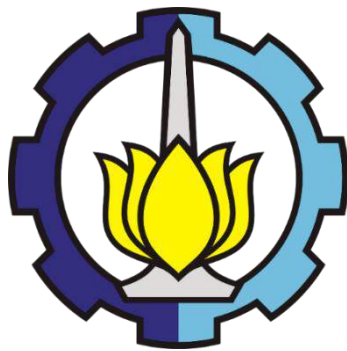
Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



FINAL PROJECT - MO 141326

INFLUENCE ANALYSIS OF SHIELDING GAS FLOW RATE
VARIATION OF GMAW WELDING PROCESS TO MECHANICAL
STRENGTH AND MICROSTRUCTURE 5083 SERIES ALUMINIUM

Dicky Rizki Firmansyah

REG. 4313 100 044

Supervisors :

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.

Ocean Engineering Department

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

**Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung Hasil Pengelasan GMAW
Terhadap Kekuatan Mekanik Dan Struktur Mikro Alumunium Seri 5083**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Dicky Rizki Firmansyah

NRP. 4313 100 044

Disetujui oleh:

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

(Pembimbing 1)

Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

(Pembimbing 2)

Ir. Joswan. J. Soedjono, M.Sc.

(Penguji 1)

Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.

(Penguji 2)

Dirta Marina C, S.T., M.T.

(Penguji 3)

Wimala Lalitya D, S.T., M.T.

(Penguji 4)

Surabaya, Juli 2017

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN GAS PELINDUNG HASIL PENGELASAN GMAW TERHADAP KEKUATAN MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM SERI 5083

Nama Mahasiswa : Dicky Rizki Firmansyah
NRP : 4313 100 044
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.

Aluminium 5083 kerap digunakan atau diaplikasikan penggunaannya untuk *vessels hull, bodies of aircraft, rail road* karena paduan aluminium ini memiliki sifat yang ringan, memiliki daya resistensi yang baik terhadap korosi juga memiliki *ductility* yang bagus. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dan mendapatkan pengaruh dari variasi kecepatan aliran gas pelindung terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan pengamatan struktur mikro Aluminium seri 5083. Adapun variasi kecepatan aliran gas pelindung yang digunakan adalah 20, 25 dan 30 liter/menit dengan elektroda ER5356. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa pengelasan menggunakan argon menghasilkan butir-butir kecil dan diketahui adanya pembentukan formasi Mg_2Si . Seiring dengan peningkatan laju aliran gas akan meningkatkan bentuk butir-butir kecil dan pembentukan adanya Mg_2Si yang dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan. Dari hasil pengujian tarik didapatkan kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit mempunyai nilai *yield strength* tertinggi yaitu 182,50 MPa dan *ultimate strength* 247,06 MPa sedangkan pada hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan tertinggi ketika variasi kecepatan aliran gas 30 liter/menit dengan nilai kekerasan pada *Base Metal* 79,01 HVN, *HAZ* 78,72 HVN dan *Weld Metal* 68,22.

Kata Kunci: Aluminium 5083, *vessels hull, Gas Metal Arc Welding*.

ABSTRACT

INFLUENCE ANALYSIS OF SHIELDING GAS FLOW RATE VARIATION OF GMAW WELDING PROCESS TO MECHANICAL STRENGTH AND MICRO STRUCTURE 5083 SERIES ALUMINIUM

Name : Dicky Rizki Firmansyah

REG : 4313 100 044

Department : Ocean Engineering, Faculty of Marine Technology, ITS

Supervisors : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.

Aluminum 5083 is often used or applied for hull vessels, bodies of aircraft, rail road because aluminum alloy has a lightweight properties, good resistance to corrosion resistance also good ductility. The purpose of this research is to know and to get influence from variation of shielding gas flow rate to tensile strength, hardness and observation of Aluminium 5083 series microstructure. The variation of shielding gas flow rate used is 20, 25 and 30 liter/min with ER5356 electrode. The result of micro structure observation shows that welding using argon produces small grains and the formation of Mg_2Si is known. Along with the increase in gas flow rate will increase the form of small grains and the formation of Mg_2Si which can increase tensile strength and hardness. From the tensile test results obtained shielding gas flow of 25 liters/minute has the highest yield strength value 182.50 MPa and ultimate strength 247.06 MPa whereas the hardness test results obtained the highest hardness value when variations gas flow rate of 30 liters/Minute with hardness value on Base Metal 79.01 HVN, HAZ 78.72 HVN and Weld Metal 68.22.

Keyword: Aluminium 5083, vessels hull, Gas Metal Arc Welding.

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat, rahmat dan kuasa-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tak lupa shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabat-sahabat dan para pengikutnya.

Judul Tugas Akhir ini adalah “**Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung Hasil Pengelasan GMAW Terhadap Kekuatan Mekanik Dan Struktur Mikro Alumunium Seri 5083**”, dimana Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan , Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan dan mengetahui pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan pengamatan struktur mikronya pada Alumunium seri 5083 .

Dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa hal tersebut masih jauh dari kata sempurna maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak guna sebagai penyempurnaan baik tugas akhir ini maupun penelitian atau tugas akhir selanjutnya. Harapan penulis, penelitian ini dapat bermanfaat untuk para pembaca dan penulis sendiri serta semoga dapat memberikan manfaat bagi industri-industri terkait dengan penelitian ini pada umumnya maupun bagi kemajuan teknologi di bidang kelautan khususnya.

Surabaya, Juli 2017

Dicky Rizki Firmansyah

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak-pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Adang dan Ibu Hernawati serta kakak dan adik penulis Andri dan Alvigi yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan arahan, nasihat dan bimbingan selama penulis menempuh studi.
4. Seluruh staf pengajar dan karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
5. Bapak Didik dan staf Laboratorium Konstruksi Teknik Perkapalan FTK ITS yang telah membantu dan memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Rekan-rekan VALTAMERI Teknik Kelautan 2013, yang sudah membantu dan mendukung selama masa perkuliahan penulis dan tugas akhir ini.

Serta pihak-pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, semoga Allah SWT memberikan kemudahan, kelancaran dan melapangkan reziki kepada kita semua.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Alumunium.....	8
2.2.2 Alumunium seri 5083	10
2.2.3 Pengelasan GMAW	12
2.2.4 Pengoperasian GMAW	13
2.2.5 Parameter-parameter pengelasan GMAW	18
2.2.6 Metalurgi Pengelasan	20
2.2.7 Porositas	20
2.2.8 Pengujian Metalografi	21
2.2.9 Pengujian Tarik	22
2.2.10 Pengujian Kekerasan	24
2.2.11 Pengujian <i>Non-Destruktif Test</i> (NDT)	25

BAB III	METODOLOGI.....	27
3.1	Metode penelitian.....	27
3.2	Prosedure Penelitian.....	29
3.2.1	Studi Literatur	29
3.2.2	Persiapan	29
3.2.3	Pengelasan.....	32
3.2.4	Langkah Kerja Pengelasan.....	32
3.2.5	Pengujian NDT	33
3.2.6	Pembuatan Spesimen Uji	33
3.2.7	Analisa dan Pembahasan.....	37
3.2.8	Kesimpulan dan Saran	37
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	39
4.1	<i>Welding Procedure Specification</i> (WPS) pengelasan	39
4.2	Hasil Pengelasan	40
4.3	Hasil Pengujian NDT Radiografi (<i>Radiography Test</i>).....	43
4.4	Pengujian Metalografi.....	45
4.4.1	Hasil dan Analisa Struktur Mikro	45
4.4.2	Kesimpulan Pengujian Metalografi	51
4.5	Pengujian Kekerasan (<i>Vickers Hardness Test</i>)	51
4.5.1	Hasil Pengujian Kekerasan (<i>Vickers Hardness Test</i>).....	51
4.5.2	Kesimpulan Pengujian Kekerasan (<i>Vickers Hardness Test</i>).....	55
4.6	Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>)	56
4.6.1	Hasil Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>).....	56
4.6.2	Kesimpulan Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>).....	59
BAB V	PENUTUP.....	61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN	
	BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Pengelasan (www.newcastlewelding.com.au).....	1
Gambar 2.1. Diagram Fasa paduan Alumunium 5083	12
Gambar 2.2. Ilustrasi <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW) (AWS Handbook, 2001).....	13
Gambar 2.3. Elektroda Alumunium (AusAID, 2001)	18
Gambar 2.4 <i>Stress-Strain</i> diagram (AWS Handbook, 2001)	23
Gambar 2.5. Rules pengujian Tarik (AWS Handbook, 2001).....	24
Gambar 3.1. Diagram Alir Tugas Akhir.....	28
Gambar 3.2. Material Plat Alumunium 5083	30
Gambar 3.3. Single V- groove weld butt joint GMAW (AWS D1.2, 2014)..	30
Gambar 3.4. Mesin Las GMAW	31
Gambar 3.5. Elektrode ER5356.....	31
Gambar 3.6. Regulator Gas Pelindung	32
Gambar 3.7. Spesimen Uji Tarik.....	34
Gambar 3.8. Alat Grinda	34
Gambar 3.9. Mesin Uji Tarik (1).....	34
Gambar 3.10. Mesin Uji Tarik (2).....	34
Gambar 3.11. Alat Uji Vickers	35
Gambar 3.12. Mesin Polishing	35
Gambar 3.13. <i>Point Counting</i> Struktur Mikro.....	36
Gambar 4.1. Bentuk Sambungan Pengelasan	39
Gambar 4.2. Plat Alumunium 5083 persiapan pengelasan.....	40
Gambar 4.3. Plat Alumunium 5083 setelah proses pengelasan dengan variasi kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit, 25 liter/menit dan 30 liter/menit	40
Gambar 4.4. Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW 20 liter/menit	43
Gambar 4.5. Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW 25 liter/menit	43
Gambar 4.6. Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW 30 liter/menit	44
Gambar 4.7. Base Metal Alumunium 5083	45
Gambar 4.8. Hasil struktur mikro pembesaran 500x variasi kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit.....	47

Gambar 4.9. Hasil struktur mikro pembesaran 500x variasi kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit.....	48
Gambar 4.10. Hasil struktur mikro pembesaran 500x variasi kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit.....	49
Gambar 4.11. Perbandingan Grafik persentase ferrite dan pearlite.....	50
Gambar 4.12. Titik <i>Vickers Hardness Test</i>	52
Gambar 4.13. Spesimen Uji Kekerasan.....	52
Gambar 4.14. Perbandingan Grafik Nilai Kekerasan Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung 20, 25 dan 30 liter/menit.....	54
Gambar 4.15. <i>Design</i> spesimen uji tarik.....	56
Gambar 4.16. Perbandingan Grafik Uji Tarik Nilai F_{yield} dan $F_{Ultimate}$ Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung 20, 25 dan 30 liter/menit	57
Gambar 4.17. Perbandingan Grafik Uji Tarik Nilai <i>Yield Strength</i> dan <i>Ultimate Strength</i> Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung 20, 25 dan 30 liter/menit	58

DAFTAR TABEL

Table 2.1. Komposisi alumunium seri 5083 (<i>ASM Metal Handbook Volume 6</i>)	10
Table 2.2. <i>Chemical Composition</i> Alumunium 5083 (Aalco Metals Ltd)	10
Table 2.3 Ketentuan umum penyetelan atau pengeaturan besaran arus dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda (Ausaid, 2001)..	16
Tabel 2.4. <i>Wire Chemical Composition for Common Aluminum Wires</i>	18
Tabel 4.1. <i>Welding Procedure Specification</i> (WPS) pengelasan	39
Tabel 4.2. Hasil pengealsan GMAW 20 liter/menit	41
Tabel 4.3. Hasil pengealsan GMAW 25 liter/menit	41
Tabel 4.4. Hasil pengealsan GMAW 30 liter/menit	42
Tabel 4.5. Persentase ferrite dan pearlite.....	50
Tabel 4.6. Hasil Uji Kekerasan Variasi Kecepatan Aliran Gas 20 liter/menit	53
Tabel 4.7. Hasil Uji Kekerasan Variasi Kecepatan Aliran Gas 25 liter/menit	53
Tabel 4.8. Hasil Uji Kekerasan Variasi Kecepatan Aliran Gas 30 liter/menit	53
Tabel 4.9. F_{Yield} dan $F_{Ultimate}$ Hasil Uji Tarik.....	56
Tabel 4.10. <i>Yield Strength</i> dan <i>Ultimate Strength</i> hasil pengujian tarik	57

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PENGELASAN
LAMPIRAN B	NDT
LAMPIRAN C	PENGUJIAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pengelasan merupakan salah satu teknik yang cukup banyak digunakan dalam pembangunan suatu konstruksi khususnya industri *maritime* dimana pembangunan konstruksi tersebut tentunya melibatkan proses pengelasan. Proses pengelasan ini banyak digunakan untuk penyambungan suatu pelat atau profil yang mana dalam praktiknya memerlukan keterampilan pengelasan (*welding*), dalam industri *maritime* seperti bangunan laut baik itu jenis *Offshore Structure*, *Fixed Structure*, *Floating Structure* atau pun *Ship Structure*, proses pengelasan (**Gambar 1.1**) pasti akan selalu dilibatkan dan akan selalu ada dalam setiap tahapan pengerjaan suatu struktur tersebut.



Gambar 1.1. Pengelasan (www.newcastlewelding.com.au)

Menurut Wiryosumarto (2000) penggunaan teknologi pengelasan seiring dengan perkembangan zaman akhir-akhir ini dalam teknik pengelasan busur listrik dengan gas mulai menyebabkan pengelasan alumunium dan paduannya menjadi sederhana dan dapat dipercaya, oleh karenanya penggunaan alumunium didalam banyak bidang manufaktur atau industri telah berkembang. Haqqi (2012) dan Ladamay (2009) menyatakan bahwa alumunium umumnya sangat penting bagi industri - industri saat ini karena

sifatnya yang ringan dapat menambah daya angkat ke atas pada kapal selain itu juga material ini pun memiliki *ductility* yang bagus pada kondisi dingin, merupakan konduktor listrik yang cukup baik, mempunyai sifat resistensi terhadap korosi yang baik. Proses pengelasan yang kerap digunakan untuk pengelasan aluimunium ialah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau dikenal juga dengan sebutan las *Metal Inert Gas* (MIG), metode pengelasan ini sangat baik untuk menyambungkan logam aluminunium karena proses las ini menggunakan prinsip lingkungan gas mulia. Gas pelindung yang digunakan dalam pengelasan GMAW adalah argon atau gas mulia lainnya, dimana fungsi dari gas pelindung sendiri adalah untuk melindungi busur dan logam las cair dari paparan oksigen atau nitrogen yang berada di atmosfer. Kecepatan gas pelindung merupakan salah satu parameter yang berpengaruh pada pengelasan GMAW, adapun peningkatan volume aliran gas pelindung adalah upaya untuk meningkatkan penetrasi dan tekanan sehingga hasil lasan akan lebih baik. Efek dari peningkatan gas pelindung ini akan mempengaruhi pada kekuatan material.

Putra (2016) dalam penelitiannya telah mengkaji mengenai analisa perbandingan laju korosi di lingkungan laut dari hasil pengelasan GMAW pada sambungan las aluminunium seri 5050 karena pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung 15 liter/menit, 20 liter/menit dan 25 liter/menit. Junus (2011) dalam penelitiannya terkait pengaruh besar aliran gas terhadap cacat porositas dan struktur mikro hasil pengelasan MIG pada paduan aluminunium 5083 dimana penelitian tersebut menggunakan spesimen material ketebalan 6 mm, elektroda 5356, variasi kecepatan aliran gas pelindung 12 liter/menit, 19 liter/menit dan 38 liter/menit.

Budiarsa (2008) terkait pengaruh besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas pada proses las GMAW terhadap ketangguhan aluminunium 5083 yang mana ukuran ketebalan material 6 mm dan elektroda 5356 dengan variasi kecepatan aliran gas pelindung 17 liter/menit, 18 liter/menit dan 19 liter/menit. M. Darsin dkk (2010) mengenai analisa sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminunium 5083 akibat pengelasan metal inert

gas (MIG) dengan variasi pre heat dan post heat dan Susetyo (2013) pada studi karakteristik hasil pengelasan MIG pada material alumunium 5083. Pada tugas akhir ini akan dilakukan penelitian terkait analisa pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung hasil pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) terhadap kekuatan mekanik dan struktur mikro alumunium seri 5083, dimana dalam penelitian ini digunakan variasi kecepatan aliran gas pelindung serta mengetahui kekuatan mekanik dan struktur mikro dari hasil pengelasan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung terhadap kekuatan tarik dan kekerasan Alumunium seri 5083 ?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung terhadap metalografi (pengamatan struktur mikro) Alumunium seri 5083 ?

1.3 Tujuan

1. Mendapatkan pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung terhadap kekuatan tarik dan kekerasan Alumunium seri 5083
2. Mendapatkan pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung terhadap metalografi (pengamatan struktur mikro) Alumunium seri 5083

1.4 Manfaat

Dengan adanya penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan suatu manfaat berupa informasi mengenai hasil pengelasan dengan metode GMAW dengan pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung terhadap kekuatan material (tarik dan kekerasan) serta metalografi alumunium seri 5083. Selain itu diharapkan dapat memberikan manfaat untuk bidang industri material, bahan dan konstruksi sebagai suatu referensi terutama untuk industri perkapalan.

1.5 Hipotesis

Penggunaan variasi kecepatan aliran gas pelindung, apabila semakin besar aliran gas pelindung yang digunakan maka akan meningkatkan sifat mekanik material.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material plat yang digunakan adalah alumunium seri 5083
2. Gas pelindung yang digunakan adalah argon dengan variasi kecepatan gas pelindung.
3. Proses pengelasan menggunakan metode GMAW dengan elektrode ER5356
4. Bentuk bevel ialah *single v groove butt joint*
5. Tegangan yang digunakan adalah 18-26 volt dan kuat arus 120-150 A
6. *Human error* dan aspek ekonomi diabaikan
7. Pengelasan dilakukan berdasarkan WPS (*Welding Procedure Specification*)
8. Parameter pengujian pada eksperimen ini adalah sebagai berikut :
Pengujian NDT, tarik, kekerasan dan metografi

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam tugas akhir ini, ialah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini, menjelaskan tentang hal apa saja yang melatarbelakangi sehingga studi ini dilakukan, permasalahan apa yang akan dibahas, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diperoleh dari studi ini, batasan-batasan masalah yang diterapkan, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini.

2. Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Selama proses pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir ini, penulis menggunakan dasar-dasar teori, berbagai macam persamaan dan rumus, sehingga dalam bab ini akan dicantumkan hal-hal tersebut sebagai tinjauan pustaka.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini lebih menguraikan tentang tahapan-tahapan dan metode yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini.

4. Bab IV Analisa dan Pembahasan

Pada bab ini membahas bagaimana untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini. Selain itu, validasi, analisis, pengolahan, dan pembahasan data hasil dari output percobaan juga akan dibahas pada bab ini.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dari tugas akhir, hasil dari analisis, pembahasan yang dilakukan serta saran-saran yang perlu diberikan untuk penelitian lebih. Bab ini juga untuk menjawab permasalahan yang telah di rumuskan pada Bab I.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan literatur ataupun penelitian-penelitian sebelumnya dalam lingkup bidang yang relatif sama maka pada penelitian tugas akhir ini dilakukan pengamatan mengenai analisa pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung hasil pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) terhadap kekuatan mekanik dan struktur mikro alumunium seri 5083. Putra (2016) dalam tugas akhirnya telah menganalisa mengenai analisa perbandingan laju korosi di lingkungan laut dari hasil pengelasan GMAW pada sambungan las alumunium seri 5050 karena pengaruh variasi kecepatan aliran gas pelindung 15 liter/menit, 20 liter/menit dan 25 liter/menit, meskipun terindikasi adanya cacat pada material uji namun hasil menunjukkan bahwa semakin besar tingkat kecepatan aliran gas pelindung maka akan semakin meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan peningkatan kekuatan dari material tersebut.

Junus (2011) dalam penelitiannya terkait pengaruh besar aliran gas terhadap cacat porositas dan struktur mikro hasil pengelasan MIG pada paduan alumunium 5083 dimana penelitian tersebut menggunakan variasi aliran gas 12 liter/menit, 19 liter/menit dan 38 liter/menit telah menyimpulkan bahwa kekuatan tarik terbesar dihasilkan pada kecepatan aliran gas 38 liter/menit dimana pada kecepatan aliran ini tidak terindikasi adanya cacat yang terjadi serta peningkatan kecepatan aliran gas pun dapat meningkatkan nilai regangan. Budiarsa (2008) menyatakan dalam hasil analisisnya mengenai pengaruh besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas pada proses las GMAW terhadap ketangguhan alumunium 5083 bahwa semakin besar kecepatan aliran gas akan memberikan ketangguhan tinggi.

M. Darsin dkk (2010) mengenai analisa sifat mekanik dan struktur mikro paduan alumunium 5083 akibat pengelasan metal inert gas (MIG) dengan variasi pre heat dan post heat. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai

pengelasan MIG pada material alumunium 5083 pengaruhnya apabila diberikan perlakuan panas terhadap sifat mekanik dan struktur mikro adapun Susetyo (2013) mengenai studi karakteristik hasil pengelasan MIG pada material alumunium 5083 dimana dari hasil penelitiannya diperoleh bahwa untuk setiap variasi kecepatan menghasilkan nilai uji tarik berbeda dan nilai dengan variasi kecepatan terendah memperoleh nilai uji tarik terendah, disamping itu terindikasi adanya cacat pada pengelasan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Alumunium

Alumunium dan paduan alumunium termasuk logam yang memiliki sifat yang ringan, memepunyai kekautan tinggi, memiliki daya resistensi yang baik terhadap korosi, memiliki *ductility* yang bagus pada kondisi dingin, merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Saat ini logam jenis ini sudah digunakan secara luas diberbagai bidang perindustrian seperti perkapalan, bangunan , dirgantara, kimia, listrik, transportasi dan lainnya. Wiryosumarto (2000) mengklasifikasikan paduan alumunium dalam tiga cara, salah satunya yaitu berdasarkan perlakuan panas dan tidak dapat diperlakukan panas dimana dengan klasifikasi ini alumunium dibagi kedalam tujuh jeniis yaitu : jenis Al murni, jenis Al-Cu, jenis Al-Mn, jenis Al-Si, jenis Al-Mg, Jenis Al-Mg-Si dan jenis Al-Zn. Adapun sifat-sifat jenis alumunium di atas tersebut, adalah sebagai berikut :

1) Jenis Al-Murni (seri 1000)

Alumunium jenis ini merupakan jenis alumunium dengan kemurnian antara 99,0% dan 99,9%. Alumunium seri ini disamping sifatnya tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat mekanik yang memuaskan pada kemampuan lasnya sedangkan kekurangannya adalah kekuatannya yang rendah.

2) Jenis Al-Cu (seri 2000)

Paduan jenis ini adalah jenis yang dapat diperlakukan panas. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan dimana sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak namun daya tahan terhadap korosinya rendah bila dibandingkan dengan jenis paduan

lainnya. Sifat mampu lasnya kurang baik, biasanya paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi pesawat terbang.

3) Jenis Al-Mn (seri 3000)

Jenis yang tidak dapat diperlakukan panas sehingga menaikkan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya.

4) Jenis Al-Si (seri 4000)

Termasuk jenis yang tidak dapat diperlakukan panas, jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya maka paduan jenis ini banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

5) Jenis Al-Mg (seri 5000)

Paduan jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlakukan panas tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut serta sifat mampu lasnya yang baik. Paduan jenis ini banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum namun juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

6) Jenis Al-Mg-Si (seri 6000)

Paduan jenis ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlakukan panas dan mempunyai sifat mampu las yang baik dan daya tahan korosinya cukup baik, namun akan terjadi pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

7) Jenis Al-Zn (seri 7000)

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlakukan panas, biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50 kg/mm^2 , sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap korosi kurang baik.

2.2.2 Alumunium seri 5083

Alumunium seri 5083 memiliki kekuatan lebih tinggi diantara kelompok paduan alumunium *non-ehat treatable* tetapi jenis alumunium ini tidak disarankan untuk digunakan pada temperatur diatas 65°C (Aalco Metals Ltd, 2016). Elemen paduan utama adalah tembaga, silikon, mangan, magnesium, lithium dan seng, elemen seperti nikel, kromium, titanium, zirkonium dan skandium dapat ditambahkan dalam jumlah kecil untuk mencapai sifat tertentu. Unsur lain yang mungkin juga ada dalam jumlah kecil karena kotoran yang tidak diinginkan. Berdasarkan *ASM Metal Handbook Volume 6* komposisi alumunium seri 5083 seperti yang ditunjukkan pada **Table 2.1** di bawah ini.

Table 2.1. Komposisi alumunium seri 5083 (*ASM Metal Handbook Volume 6*)

Susunan komposisi Al 5083							
%Si	%Fe	%Cu	%Mn	%Mg	%Cr	%Zn	%Ti
0,40	0,40	0,10	0,40-1,0	4,0-4,9	0,05-0,25	0,25	0,15

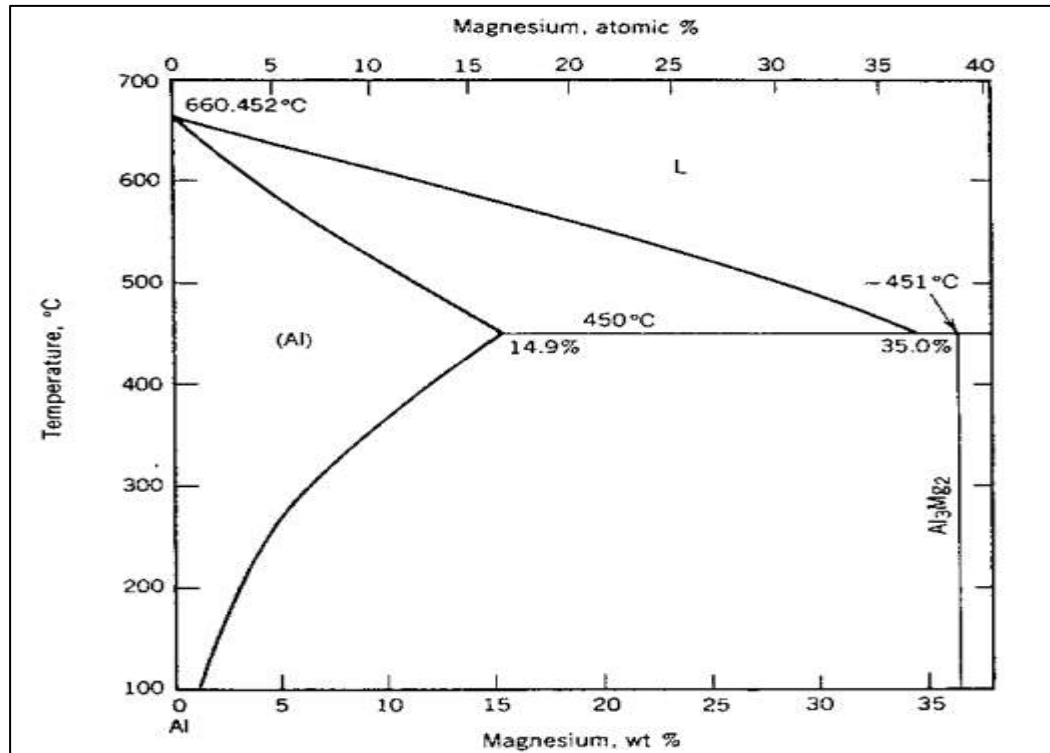
Adapun menurut (Aalco Metals Ltd), seperti **Table 2.2** berikut :

Table 2.2. *Chemical Composition* Alumunium 5083 (Aalco Metals Ltd)

Element	%
Magnesium (Mg)	4.00 – 4.90
Manganese (Mn)	0.40 – 1.00
Iron (Fe)	0.40 Typical
Silicon (Si)	0.0 – 0.40
Titanium (Ti)	0.50 – 0.25
Chromium (Cr)	0.05 – 0.25
Copper (Cu)	0.10 Typical
Others (Total)	0.0 – 0.15
Zinc (Zn)	0.0 – 0.10
Other (Each)	0.0 – 0.05

Berdasarkan (*Welding Aluminium & Paduannya*, 2002), berikut paduan elemen utama pada aluminium adalah sebagai berikut :

- **Magnesium (Mg)** meningkatkan kekuatan melalui penguatan larutan padat dan meningkatkan kemampuan pengerasan kerja.
- **Mangan (Mn)** meningkatkan kekuatan melalui penguatan larutan padat dan meningkatkan kemampuan pengerasan kerja.
- **Tembaga (Cu)** memberikan peningkatan kekuatan yang substansial, memungkinkan pengendapan pengerasan, mengurangi ketahanan korosi, *ductility* dan kemampuan las.
- **Silikon (Si)** meningkatkan kekuatan dan keuletan, dikombinasikan dengan magnesium menghasilkan pengerasan presipitasi.
- **Seng (Zn)** secara substansial meningkatkan kekuatan, memungkinkan pengerasan presipitasi, dapat menyebabkan korosi tegangan.
- **Besi (Fe)** meningkatkan kekuatan aluminium murni, umumnya residu elemen.
- **Kromium (Cr)** meningkatkan ketahanan terhadap korosi.
- **Nikel (Ni)** meningkatkan kekuatan suhu tinggi.
- **Titanium (Ti)** digunakan sebagai elemen penyuling butiran, terutama pada logam pengisi (*filler metals*).
- **Zirkonium (Zr)** digunakan sebagai elemen penyuling butiran, terutama pada logam pengisi (*filler metals*).
- **Lithium (Li)** secara substansial meningkatkan kekuatan dan modulus Young, memberikan pengerasan presipitasi, mengurangi densitas.
- **Scandium (Sc)** secara substansial meningkatkan kekuatan dengan umur pengerasan, elemen penghilang terutama pada logam las.
- **Timbal (Pb)** dan **bismut (Bi)** membantu pembentukan *chip* dengan paduan *machining* bebas.



Gambar 2.1. Diagram Fasa Al-Mg

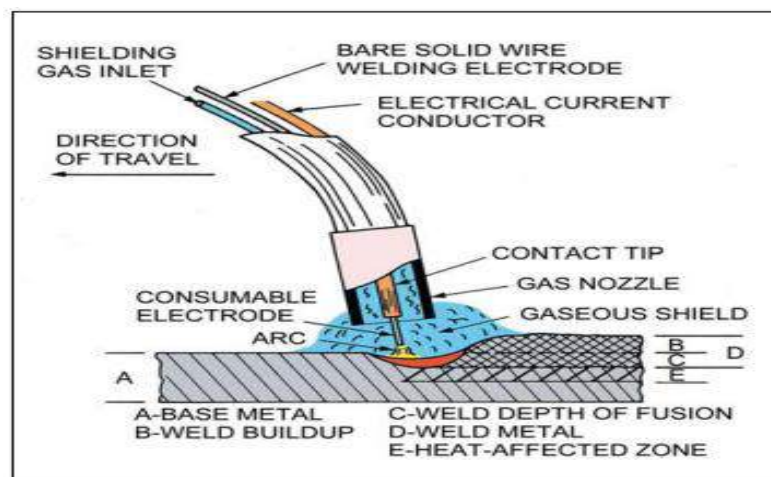
(Drawn by Dr Joanne Murray- Handbook of Aluminum Vol 1, 2003)

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia (**Lihat Gambar 2.1**). Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, mempunyai massa atom 27 (hanya ada satu isotop natural), nomor atom 13, densitas sekitar 2,65 g/cm, titik lebur 660,4°C dan titik didih 2467°C Memiliki potensi redoks -1,66 V, bilangan oksidasi +3. Di dalam udara bebas aluminium mudah teroksidasi membentuk lapisan tipis oksida (Al_2O_3) yang tahan terhadap korosi. Aluminium juga bersifat amfoter yang mampu bereaksi dengan larutan asam maupun basa.

2.2.3 Pengelasan GMAW

Ausaid (2001) menerangkan bahwa *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) adalah proses pengelasan yang energinya diperoleh dari busur listrik dimana busur las terjadi diantara permukaan benda kerja dengan ujung kawat elektroda yang keluar dari *nozzle* bersama-sama dengan gas pelindung.

Sedangkan menurut AWS (2001) *Gas Metal Arc Welding* atau yang sering dikenal dengan sebutan MIG ialah pengelasan yang melibatkan penggunaan busur logam dan *consumable electrode* dengan keluaran penambahan gas pelindung. Pengelasan dengan metode ini umumnya dioperasikan secara semiotomatis dimana seiring dengan perkembangan industri konstruksi yang menuntut dan membutuhkan pengelasan yang efisien, cepat dan berkualitas tinggi tidaklah salah jika proses pengelasan GMAW menjadi salah satu alternatif pengelasan yang banyak digunakan. Dalam praktiknya, untuk melakukan pengelasan dengan *Gas Metal Arc Welding* diperlukan peralatan utama yang relatif lebih rumit apabila dibandingkan dengan peralatan las busur manual dimana diperlukan pembangkit tenaga dan kabel-kabel las, pengontrol kawat elektroda, botol gas pelindung serta perangkat pengatur dan penyuplai gas pelindung. Pada **Gambar 2.2** di bawah ini adalah ilustrasi *Gas Metal Arc Welding* (GMAW).



Gambar 2.2. Ilustrasi *Gas Metal Arc Welding* (GMAW).

(AWS Welding Handbook volume 1- 9th Edition, 2001)

2.2.4 Pengoperasian GMAW

a. Gas Pelindung

Dalam pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) yaitu digunakannya las busur listrik dengan menggunakan gas pelindung, yang mana gas – gas pelindung tersebut berfungsi untuk mempertahankan atau menjaga stabilitas

busur dan perlindungan cairan logam las dari kontaminasi selama pengelasan terutama dari atmosfer dan pengotoran daerah las. Pada suhu tinggi oksigen akan bereaksi dengan logam las menjadi oksida metal selain itu pun oksigen akan bereaksi dengan karbon di dalam cairan logam las menjadi karbon monoksida dan karbon dioksida. Fungsi utama dari gas pelindung adalah untuk membentuk sekeliling daerah pengelasan dengan media pelindung yang tidak bereaksi dengan daerah las tersebut. Dibawah ini merupakan beberapa fungsi dari gas pelindung beserta gas-gas yang sering digunakan sebagai pelindung antara lain:

Jenis-jenis gas pelindung :

1. Gas Argon (Ar)

Merupakan gas inert monoatomik yang dapat diperoleh dengan mencairkan udara, yang dipergunakan untuk proses pengelasan adalah gas argon murni untuk metal yang tidak reaktif (min 99,95%) sedangkan untuk metal reaktif dan yang tidak tahan panas tingkat kemurniannya lebih tinggi.

Keunggulan Gas Argon :

- Nyala lebih halus tidak bersuara keras
- Mengurangi penetrasi
- Memiliki daya pembersih
- Lebih murah dan lebih mudah didapat
- Sebagai pelindung yang efektif tidak diperlukan flow rate terlalu tinggi
- Lebih tahan terhadap hembusan angin
- Lebih mudah untuk menyalakan busur listrik
- Daya penetrasi tidak terlalu dalam sehingga diperlukan untuk pengelasan bahan yang tipis.

2. Gas Helium (He)

Helium merupakan gas inert monoatomik dan sangat ringan, didapatkan dari pemisahan gas alam. Berikut keunggulan gas helium :

- Lebih penghantar panas dari pada argon
- Karena memiliki tenaga panas yang lebih tinggi, helium banyak digunakan untuk pengelasan tenaga mekanis.
- Sulit untuk menyalakan busur akibat penggunaan gas helium murni.

3. Gas Campuran Helium dengan Argon (75% He, 25% Ar)

- Campuran kedua gas ini akan menghasilkan transfer semprot aksial
- Penetrasi yang dalam
- Jalur las yang lebar

Pada tugas akhir ini dalam proses pengelasan akan menggunakan gas pelindung Argon (Ar).

Fungsi Gas Pelindung :

- Kecepatan las
- Penetrasi, pelindung dan profil jalur las
- Sebagai pembersih
- Sifat mekanis bahan las

Adapun kelebihan dan kekurangan pada pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), antara lain sebagai berikut :

Kelebihan :

- Pengelasan GMAW mempunyai efisiensi pengelasan yang tinggi, karena tidak perlu sering mengganti kawat las.
- Dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan.
- Tidak menghasilkan kerak atau slag sehingga tidak perlu proses pembersihan yang banyak.
- Proses pengelasan GMAW sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi.

Kekurangan :

- Jika gas pelindung tidak keluar sempurna maka dapat terjadi cacat porosity.
- Busur tidak stabil.

b. Pengaturan Besar Arus dan Tegangan Pengelasan

Besarnya arus dan tegangan pengelasan adalah tergantung pada tebal bahan dan diameter kawat elektroda serta posisi pengelasan atau berdasarkan WPS pekerjaan tersebut. Berikut pada **Table 2.3** ketentuan umum penyetelan atau pengaturan besaran arus dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda (Ausaid, 2001) :

Table 2.3 Ketentuan umum penyetelan atau pengaturan besaran arus dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda (Ausaid, 2001) .

Diameter Kawat (mm)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Tebal Bahan (mm)
0,6	50-80	13-14	0,5-1,0
0,8	60-150	14-22	0,8-2,0
0,9	70-220	15-25	1,0-10
1,0	100-290	16-29	3,0-12
1,2	120-350	18-32	6,0-25
1,6	160-390	18-34	12-50

c. Kawat Elektroda

Gas Metal Arc Welding (GMAW) merupakan salah satu jenis proses las cair (*Fusion Welding*) yang banyak digunakan pada pengerjaan konstruksi-konstruksi. Apabila jenis elektroda yang digunakan sama dengan jenis logam yang di las maka akan menghasilkan las yang maksimal. Adapun jenis logam yang dapat digunakan pada *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) adalah sebagai berikut :

- Baja tegangan tinggi dan menengah
- Baja paduan rendah
- Alumunium
- Tembaga
- Tembaga padaun dan lain sebagainya.

Pada GMAW bentuk kawat elektrode yang digunakan umumnya adalah *solid wire* dan *flux cored wire*, penggunaan tipe – tipe tersebut tentu tergantung pada jenis pekerjaannya. *Solid Wire* digunakan untuk mengelas konstruksi ringan sampai sedang dan dioperasikan pada rungan yang relatif tertutup sehingga gas pelindungnya tidak tertiup oleh angin, adapun *Flux Cored Wire* banyak digunakan untuk pengelasan konstruksi sedang sampai berat dan tempat pengelasannya memungkinkan lebih terbuka. Untuk elektroda alumunium, elemen dasar yang digunakan dalam elektroda alumunium adalah magnesium, mangan, seng, silikon dan tembaga. Alasan utama menambahkan elemen-elemen tersebut adalah untuk meningkatkan kekuatan dan logam alumunium murni, selain itu juga sifat *weldability*nya dan *resistensi* terhadap korosi menjadi alasan penambahan elemen-elemen tersebut. Untuk elektroda alamunium (**Gambar 2.3**) jenis elektroda yang sering digunakan adalah elektroda yang mengandung magnesium 5356 dan mengandung silikon 4043.



Gambar 2.3. Elektroda Alumunium (AusAID, 2001)

Adapun berikut **Tabel 2.4** dibawah yang biasa digunakan untuk alumunium.

Tabel 2.4. *Wire Chemical Composition for Common Aluminum Wires*
(The Lincoln Company Aluminum GMAW Guide, 2016)

AWSA5.10-99 ASME SFA-5.10 CLASSIFICATION	%MN	%SI	%FE	%MG	%CR	%CU	%TI	%ZN	%BE	%OTH- ERS _M	%AL
ER1100 & Alloy 1050	0.05	–	–	–	–	0.05-0.02	–	0.10	–	0.05	99.0
ER2319	0.20-0.40	0.20	0.30	0.02	–	5.8-6.8	0.10-0.20	0.10	(2)	0.05 _H	Balance
ER4043	0.05	4.5-6.0	.08	0.05	–	0.30	0.20	0.10	(2)	0.05	Balance
ER4047	0.15	11.0-13.0	0.8	0.10	–	0.30	–	0.20	(2)	0.05	Balance
Alloy 5052	0.10	0.25	0.40	2.2-2.8	0.15-0.35	0.10	–	0.10	(2)	0.05	Balance
Alloy 5056	0.05-0.20	0.30	0.40	4.5-5.6	0.05-0.20	0.10	–	0.10	(2)	0.05	Balance
Alloy 5154	0.10	0.25	0.40	3.1-3.9	0.15-0.35	0.10	0.20	0.20	(2)	0.05	Balance
ER5183	0.50-1.0	0.40	0.40	4.3-5.2	0.05-0.25	0.10	0.15	0.25	(2)	0.05	Balance
ER5356	0.05-0.20	0.25	0.40	4.5-5.5	0.05-0.20	0.10	0.06-0.20	0.10	(2)	0.05	Balance
ER5554	0.50-1.0	0.25	0.40	2.4-3.0	0.05-0.20	0.10	0.05-0.20	0.25	(2)	0.05	Balance
ER5556	0.50-1.0	0.25	0.40	4.7-5.5	0.05-0.20	0.10	0.05-0.20	0.25	(2)	0.05	Balance
ER5654	0.01	–	–	3.1-3.9	0.15-0.35	0.05	0.05-0.15	0.20	(2)	0.05	Balance

2.2.5 Parameter-parameter pengelasan GMAW

Junus (2011) menyebutkan beberapa parameter-parameter yang berpengaruh dalam pengelasan GMAW, yaitu sebagai berikut :

1. Pengaruh Arus

Arus sangat mempengaruhi dalam proses pengelasan busur listrik, baik besar atau kecil arus yang digunakan dalam proses pengelasan dapat menentukan ukuran dan bentuk hasil penetrasi dan deposit las.

2. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan atau material las, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan lainnya.

3. Pengaruh Penggunaan Gas Pelindung

Pada pengelasan GMAW gas yang dipakai adalah gas mulia sebab memiliki sifat yang stabil dan tidak mudah bereaksi dengan unsur lainnya.

4. Penggunaan Elektroda

Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) elektroda yang digunakan adalah elektroda terumpan yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala yang juga berfungsi sebagai logam pengisi.

5. Polaritas Listrik

Sumber listrik yang dipakai berupa AC (*Alternating Current*) atau pun listrik DC (*Direct Current*). Pada rangkaian listrik DC (*Direct Current*) dapat dengan polaritas lurus dimana kutub positif dihubungkan dengan logam induk dan katup negatif dihubungkan dengan batang elektroda. Polaritas sendiri adalah lubang halus atau ruang kosong yang berada dalam material yang terjadi karena terperangkapnya gas pada logam cair ketika pengelasan sehingga hal ini yang menyebabkan terjadinya cacat porositas.

6. Bentuk Sambungan Las

Sambungan (joint) las yaitu beberapa komponen material yang disatukan menjadi satu kesatuan. Ada lima jenis sambungan las dasar, ialah sebagai berikut :

- a. Butt joint merupakan sambungan dimana kedua benda kerja berada pada bidang yang sama dan disambungkan pada ujung kedua benda kerja yang saling berdekatan.
- b. Lap joint merupakan sambungan yang terdiri dari dua benda kerja yang saling bertumpukan.

- c. T-joint merupakan sambungan dimana salah satu benda kerja tegak lurus dengan benda kerja lainnya sehingga membentuk huruf T.
- d. Edge joint merupakan sambungan dimana kedua benda kerja sejajar satu sama lain dengan catatan salah satu ujung dari kedua benda kerja tersebut berada pada tingkat yang sama.
- e. Corner joint merupakan sambungan dimana kedua benda kerja membentuk sudut sehingga keduanya dapat disambungkan pada bagian pojok dari sudut tersebut.

2.2.6 Metalurgi Pengelasan

Menurut Wiryosumarto (2000) daerah lasan terdiri dari tiga bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone* (HAZ) dan logam induk tak terpengaruh. Definisi dari logam lasan sendiri ialah bagian dari logam yang ketika waktu pengelasan mencair kemudian membeku, daerah pengaruh panas (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sedangkan logam induk tak terpengaruhi adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Adapun daerah yang disebut batas las, ialah daerah khusus yang membatasi antara logam las dan daerah pengaruh las.

2.2.7 Porositas

Porositas merupakan luban-lubang halus yang terdapat pada material dimana hal ini terjadi karena adanya gas yang terperangkap pada logam cair ketika pengelasan. Penyebab terjadinya porositas pada pengelasan aluminium dalam hal ini disebabkan oleh adanya gas hidrogen yang larut dalam logam cair aluminium, karena batas kelarutan turun pada waktu pendinginan maka hidrogen akan keluar dari larutan dan ditambah adanya proses pembekuan yang cepat menyebabkan gas hidrogen terperangkap

sehingga hasilnya akan membentuk suatu lubang-lubang halus. Berikut beberapa penyebab terjadinya porositas :

- Terperangkapnya gas hidrogen pada logam
- Kecepatan pengelasan terlalu tinggi sehingga gas pelindung tidak maksimal dalam melindungi hasil pengelasan dan akibatnya udara luar dapat masuk ke dalam lasan.
- Aliran gas pelindung terlalu rendah sehingga gas pelindung tidak maksimal dalam melindungi area pengelasan.

2.2.8 Pengujian Metalografi

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat bagaimana permukaan hasil lasan secara mikro dan makro, pengamatan metalografi ini didasarkan pada perbedaan intensitas pantul permukaan logam yang masuk ke dalam mikroskop, pengamatan dilakukan pada spesimen yang telah dilakukan dalam hal ini (pengelasan) dimana struktur yang terlihat pada mikroskop disebut mikrostruktur. Pengertian dari pengujian mikro sendiri ialah suatu pengujian terkait struktur material melalui alat mikroskop khusus metalografi, dengan adanya pengujian mikro dapat teramati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam karena deformasi, perbedaan komposisi dan proses perlakuan panas. Sedangkan pengujian makro ialah pengujian material dengan menggunakan mata telanjang dengan maksud untuk memeriksa adanya celah atau lubang pada permukaan material. dalam praktiknya terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum dilakukan pengujian metalografi pada struktur (material) yaitu terlenih dahulu harus melewati tahapan seperti *grinding*, *mounting*, *polishing* dan *etching*. Proses *grinding* dan *polishing* merupakan proses yang amat penting dimana fungsinya adalah untuk membuat permukaan material yang akan diuji metalografi menjadi halus oleh karena itu pada proses *grinding* dan *polishing* diperlukan mesin poles. Secara garis besar pengujian metalografi bertujuan untuk :

- Mengamati perbedaan komposisi dan perlakuan panas
- Mengamati kerusakan akibat deformasi
- Mengamati bentuk butiran
- Mengamati ukuran butiran
- Membedakan struktur mikro
- Melihat adanya cacat mikro
- Melihat adanya impurities

Sifat logam terutama terkait dengan sifat mekanis dan sifat teknologinya amat dipengaruhi oleh mikro struktur logam tersebut, namun struktur mikro ini dapat dirubah salah satunya dengan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan deformasi dari material atau logam yang akan diuji.

2.2.9 Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan uji dimana diberikan gaya atau tegangan tarik pada material yang dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan dari material yang diuji tersebut. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal, dimana uji tarik sendiri dilakukan dengan cara melakukan penarikan dengan gaya tarik secara terus menerus sehingga material mengalami pertambahan panjang dan disuatu waktu akan mengalami kelelahan kemudian material akan *failure* (gagal) dimana hal ini dikarenakan material mempunyai *yield point* yang apabila beban yang bekerja pada konstruksi (material) yang besarnya melebihi tegangan luluh (*yield point*) maka material tersebut akan mengalami deformasi plastis yang kemudian akan menimbulkan *failure*. Pengujian ini tidak lain tujuannya adalah untuk menentukan nilai dari kekuatan tarik dari material yang diuji. Adapun secara matematis pengujian tarik adalah sebagai berikut (Wiryosumarto, 2000) :

$$\text{Tegangan : } \sigma = \frac{P}{A_0} (\text{kg/mm}^2 \text{ atau Mpa atau lb/in}^2) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Regangan : } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{(L-L_0)}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Hasil uji tarik akan menampilkan hubungan antara tegangan dan regangan (**lihat Gambar 2.4 dan Gambar 2.5**) yang terjadi selama proses uji tarik

berlangsung. Pengujian ini cukup diperlukan dalam praktiknya dalam dunia *engineering* untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material.

Dengan :

σ = Tegangan (lb/in² atau Psi)

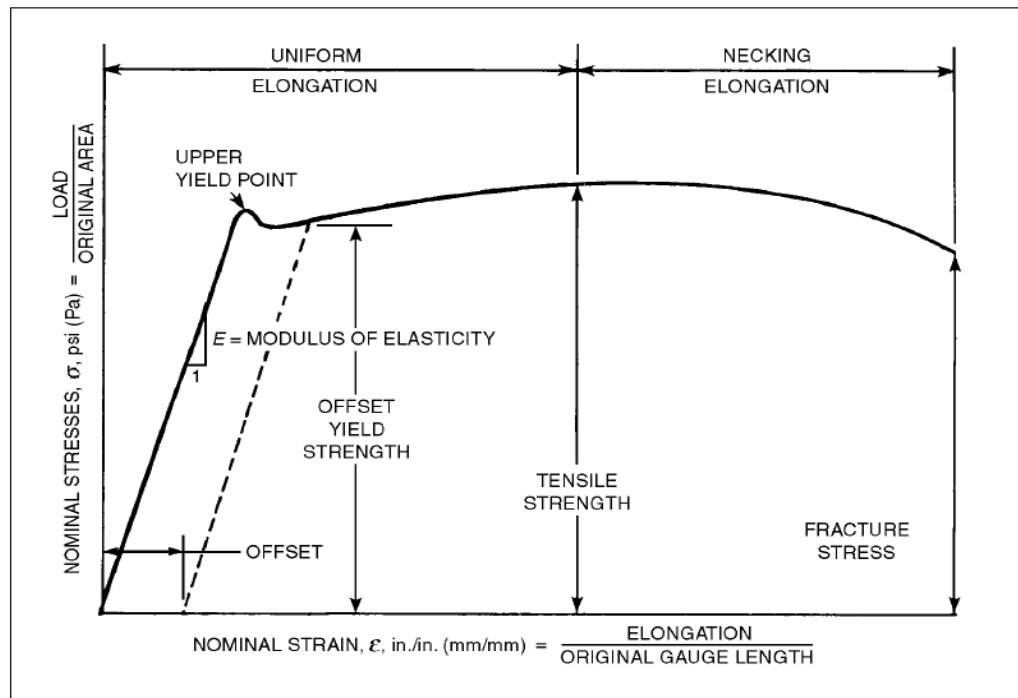
P = beban (lb)

A_0 = luas penampang melintang mula-mula (in²)

ϵ = Regangan

ΔL = selisih panjang

L_0 = panjang awal

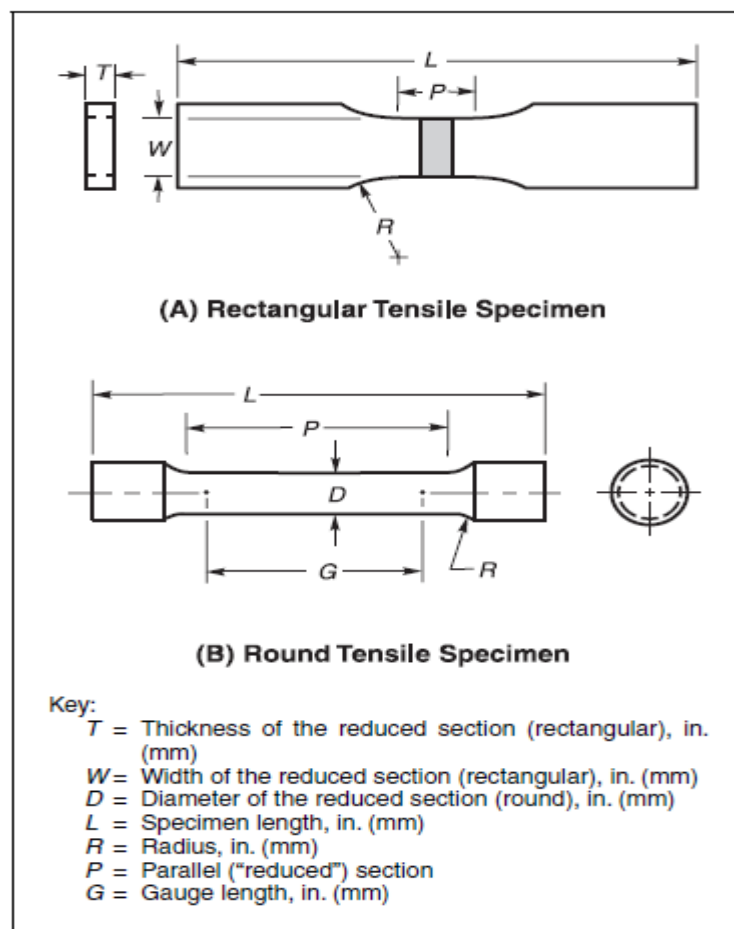


Gambar 2.4 *Stress-Strain* diagram
(AWS Welding Handbook volume 1- 9th Edition, 2001)

Ada pun menurut Wahyudi (2013) hasil yang diharapkan dalam pengujian tarik antara lain :

- Hasil uji tarik dapat diplot, tegangan (lb/in² atau Pa atau Psi) pada sumbu vertikal sedangkan regangan pada sumbu horizontal.
- Hasil uji tarik menggambarkan *properties* tarik dari material.

- Ketika beban diberikan, kurva proporsional dan linier dikenal sebagai *elastic region*.
- Saat kurva membelok dari garis lurus dan mulai berubah, material mencapai batas proporsi dan ketika material keluar dari elastic region maka material telah menunjukkan kelakuan plastis atau *plasticity*.



Gambar 2.5. Rules pengujian Tarik
(AWS Welding Handbook volume 1- 9th Edition, 2001)

2.2.10 Pengujian Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik dari suatu material yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya, disamping itu kekerasan juga berhubungan dengan ketahanan terhadap bending, gesekan dan pengikisan. Kekerasan pun dapat berubah apabila material diperlakukan

proses seperti pendinginan, penarikan, pembubutan, pengeloran dan lainnya. Kekerasan dapat dicapai sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas, untuk mengetahui kekerasan suatu material dilakukan pengujian kekerasan, terdapat tiga metode yang telah banyak dilakukan yaitu metode Rockwell, metode Brinell, dan metode Vickers. Namun pada tugas akhir ini akan menggunakan metode vickers dalam proses pengujian kekerasan.

Uji kekerasan metode vickers ini menggunakan penumbuk piramida intan dimana bentuk dasarnya adalah bujur sangkar dan pada ujungnya mempunyai sudut 136° dan karena bentuk penumbuknya yang berbentuk piramida intan maka dinamakanlah uji kekerasan piramida intan. HV ialah angka kekerasan vickers yang didefinisikan sebagai beban per luasan permukaan lengkungan, adapun menurut ASTM E92 (2003) perumusan angka kekerasan vickers (HV) adalah sebagai berikut :

$$HV = 2P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) / d^2 = 1.8544P / d^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

HV = Angka kekerasan vickers

P = Beban (kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata (mm)

α = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan (136°)

2.2.11 Pengujian *Non-Destructif Test* (NDT)

Non-Destructif Test (NDT) merupakan salah satu metode pengujian dimana dalam praktiknya, pengujian ini tidak menimbulkan kerusakan pada material atau spesimen uji. Tujuan dari pengujian ini tidak lain untuk mendeteksi adanya kerusakan-kerusakan seperti cacat dan retak, dasar dari pengujian *non-destructif test* ialah memastikan atau menjamin bahwa material yang akan digunakan masih tergolong layak dan aman. Dengan katalain bahwa pengujian NDT menjadi kendali mutu ataupun kualitas dan tak jarang pengujian ini selalu dipergunakan untuk mengecek komponen-komponen yang masa hidupnya lama. Adapun beberapa jenis dari pengujian *non-destructif test*, ialah sebagai berikut :

1. *Radiographic Inspection*

Prinsip dari metode ini adalah dengan memancarkan sinar x menembus material yang diuji, ketika sinar tersebut menembus objeknya maka sebagian sinar akan terserap sehingga intensitas sinar akan berkurang, intensitas akhirnya kemudian yang direkam pada film yang sensitif. Apabila terdapat cacat, retak pada material maka rekaman film tersebut akan menghasilkan rekaman film yang bervariasi, dimana dari hasil film ini kerusakan seperti cacat dapat dideteksi.

2. *Liquid Penetrant Test*

Metode *Liquid Penetrant Test* merupakan metode yang paling sederhana dimana fungsinya adalah untuk mendeteksi adanya cacat di permukaan dari material baik logam maupun non logam. Prinsip dari metode ini ialah dengan memberikan cairan berwarna terang pada permukaan material, namun cairan ini harus memiliki daya penetrasi yang baik serta kekentalan rendah agar dapat masuk pada cacat di permukaan material. cacat akan terdeteksi jelas apabila perbedaan warna penetrant dengan latar belakang yang cukup kontras.

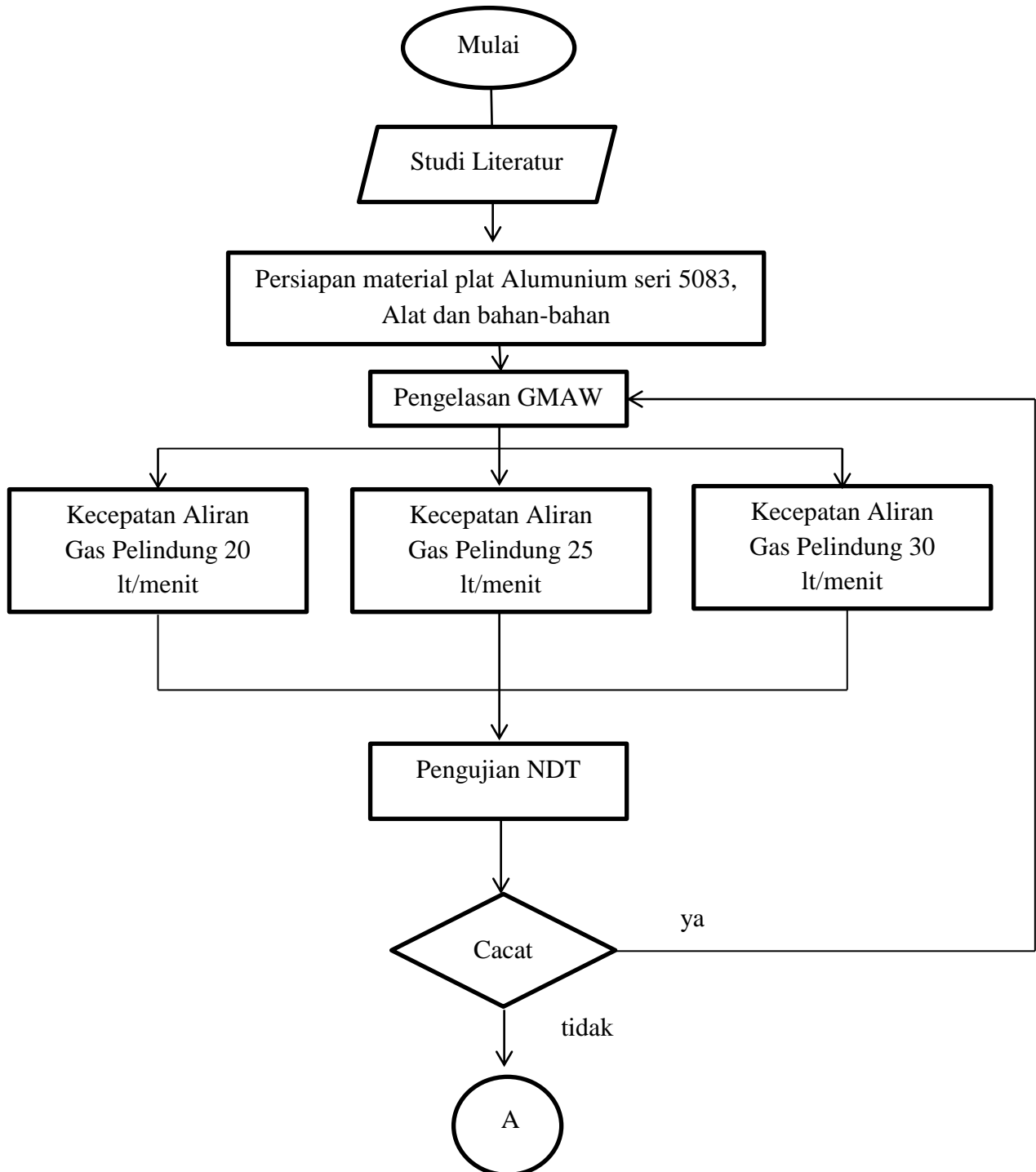
3. *Ultrasonic Inspection*

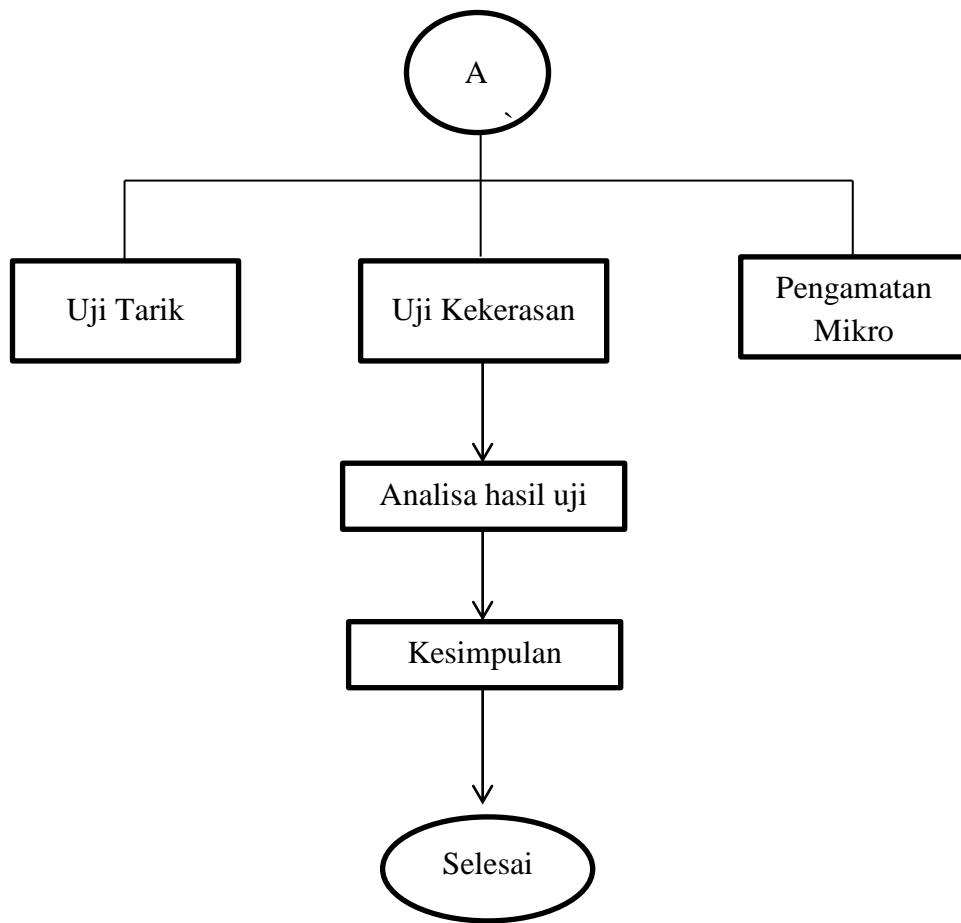
Prinsip dari metode ini ialah dengan menggunakan gelombang suara, dimana gelombang suara tersebut dirambatkan pada material uji dan sinyal yang dipantulkan kemudian diamati dan diinterpretasikan. Umumnya digunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 0.5 – 20 MHz, gelombang suara ini akan terpengaruh jika terdeteksi cacat, retak

BAB III METODOLOGI

3.1 Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini ialah seperti pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Diagram Alir Tugas Akhir

3.2 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian pengerjaan tugas akhir dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.2.1 Studi Literatur

Dalam penyusunan tugas akhir ini langkah pertama ialah mengumpulkan literatur-literatur untuk dijadikan sebagai referensi tugas akhir, adapun literatur tersebut diperoleh dari :

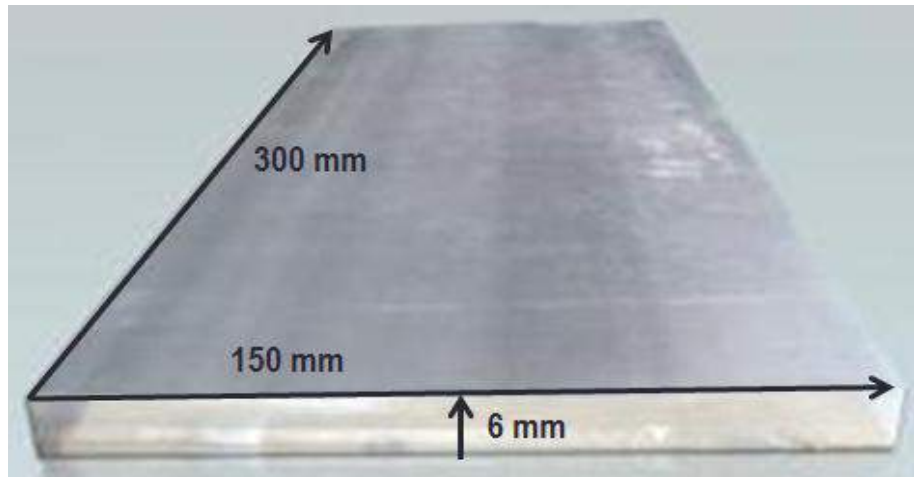
- Tugas akhir
- Jurnal
- Internet
- Buku yang relevan

3.2.2 Persiapan

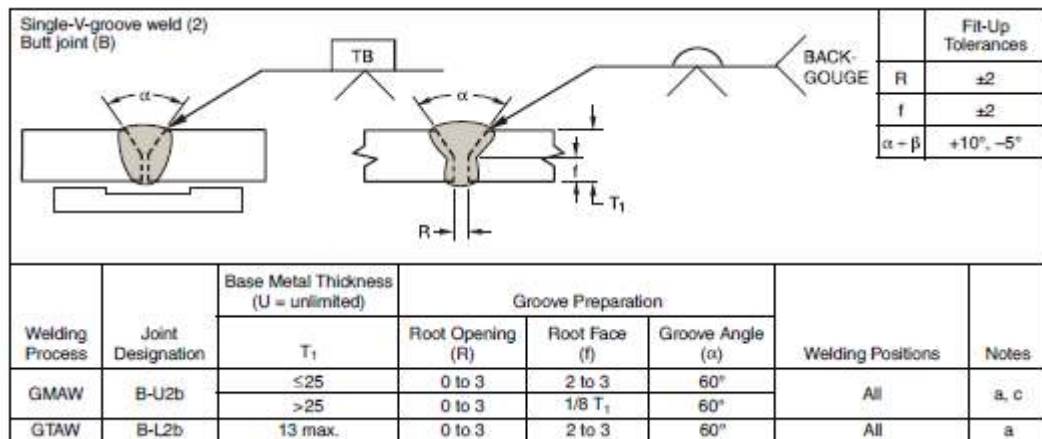
Material Las

Pada tugas akhir ini material yang akan diuji adalah alumunium seri 5083. Spesimen uji dibuat berbentuk segi empat dengan ukuran dan tipe sebagai berikut (**Lihat Gambar. 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4, Gambar 3.5 dan Gambar 3.6**) :

- Tipe : Alumunium seri 5083
- Panjang : 300 mm
- Lebar : 150 mm
- Tebal : 6 mm
- Kampuh : *Single V Groove*



Gambar 3.2. Material Plat Alumunium 5083



Gambar 3.3. Single V- groove weld butt joint GMAW
(AWS D1.2, 2014)

Berikut, merupakan peralatan utama dalam pengelasan GMAW :

- Mesin las GMAW
- Regulator gas pelindung
- Botol las pelindung
- Unit pengontrol kawat elektroda
- Kabel las dan kabel kontrol



Gambar 3.4. Mesin Las GMAW



Gambar 3.5. Elektrode ER5356



Gambar 3.6. Regulator Gas Pelindung

3.2.3 Pengelasan

Pengelasan ini bertujuan untuk menggabungkan dua buah plat sehingga membentuk sebuah spesimen yang kemudian hasil dari pengelasan ini akan diuji, pengelasan ini pun mengacu pada *Welding Procedure Specification* (WPS). Adapun parameter-parameter utama dalam pengelasan ini, sebagai berikut :

- Volt : 18 - 26 volt
- Arus : 120 – 150 A
- Elektrode : ER5356
- Kecepatan Gas Pelindung : 20 liter/menit, 25 liter/menit, 30 liter/menit

3.2.4 Langkah Kerja Pengelasan

- a. siapkan peralatan GMAW dan alat-alat bantu
- b. siapkan dua buah bahan yang akan di las yang telah *dibevel* dan di *root face*
- c. Atur besar arus, *voltage* dan *gas flow* sesuai yang diperlukan atau WPS

- d. Atur dan posisikan kembali benda kerja sesuai dengan posisi las yang diinginkan dalam hal ini posisi 1G kemudian lakukan pengelasan root
- e. Setelah itu lakukan pengelasan lajur kedua (filller) dengan sedikit ayunan (zig-zag)
- f. Lakukan pengelasan lajur ketiga (capping), namun terlebih dahulu girnda permukaan jalur las hingga sisa antara 0,5 – 1 mm untuk menghasilkan capping yang rata dan seimbang. Las capping dengan lebar maksimum 2 mm dari pinggir kampuh las
- g. Bersihkan dan dinginkan benda kerja

3.2.5 Pengujian NDT

Apabila proses pengelasan selesai maka langkah selanjutnya dilakukan pengujian NDT (*Non Destructive Test*) untuk mengecek kualitas pengelasan dan untuk mengetahui apakah ada cacat atau tidak pada material yang telah di las.

3.2.6 Pembuatan Spesimen Uji

- Spesimen Uji Tarik

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai dari kekuatan tarik dari material yang diuji, Hasil uji tarik akan menampilkan hubungan antara tegangan dan regangan.



Gambar 3.7. Spesimen Uji Tarik



Gambar 3.8. Alat Grinda



Gambar 3.9. Mesin Uji Tarik (1)



Gambar 3.10. Mesin Uji Tarik (2)

- Spesimen Uji Kekerasan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada logam las (*weld metal*), HAZ dan logam dasar (*base metal*) berdasarkan standard untuk pengujian kekerasan dengan metode vickers yaitu ASTM E92 ; *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*. Dari hasil pengujian kekerasan dapat dihubungkan dengan struktur mikro hasil lasan. Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

- Siapkan mesin microhardness, kemudian letakkan spesimen di meja identasi.
- Spesimen uji ditempelkan ke identor untuk proses initial force ke permukaan spesimen uji.
- Setelah itu atur beban (kgf) dan tuas beban dilepas hingga terjadi proses identasi.
- Tahan tuas sampai 15 detik hingga pada layar akan didapatkan hasil secara otomatis untuk panjang diagonal 1, panjang diagonal 2 dan nilai HV.
- Lalu, identor dipindahkan ke titik selanjutnya yang akan diidentasi.



Gambar 3.11. Alat Uji Vickers

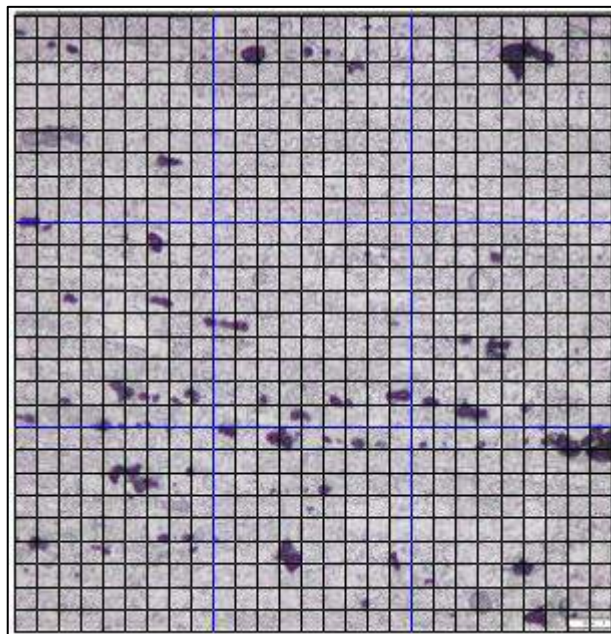


Gambar 3.12. Mesin Polishing

- **Spesimen Uji Metalografi**

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat bagaimana permukaan hasil lasan secara mikro, dilakukan dengan menggunakan mikroskop optis. Spesimen yang digunakan untuk pengeamatan struktur mikro sama dengan spesimen yang digunakan untuk uji kekerasan, dalam pengamatan mikro ini digunakan pembesaran 100x dan 500x. Daerah yang diamati yaitu logam induk (*Base Metal*), HAZ dan logam lasan (*Weld Metal*).

Perhitungan persentase struktur mikro dengan menggunakan metode *point counting* dengan cara menghitung jumlah titik yang ada pada suatu frasa tertentu yang tersebar dibagi dengan total jumlah titik. Agar akurat maka jumlah titik yang digunakan adalah 100 titik, dimana titik yang tepat frasa tertentu dihitung 1 sedangkan yang terpisah di tepi frasa maka dihitung setengah. (lihat Gambar 3) di bawah.



Gambar 3.13. *Point Counting* Struktur Mikro

Berikut cara untuk menentukan persentase struktur mikro adalah :

1. Membagi gambar menjadi 9 kotak besar
2. Kemudian kotak yang sudah dibagi 9 tersebut dibagi 9 untuk setiap kotaknya, sehingga menghasilkan kotak 9x9 kotak kecil.
3. Hitung bagian-bagian putih dan gelap yang nampak.
4. $\% \text{Terang} = \frac{\sum \text{Terang}}{100} \times 100\%$
5. $\% \text{Gelap} = \frac{\sum \text{Gelap}}{100} \times 100\%$

3.2.7 Analisa dan Pembahasan

Dari hasil pengujian-pengujian yang dilakukan maka dapat dilakukan analisa dan pembahasan sesuai dengan standard atau code yang digunakan, sehingga dari hasil analisa dapat menjawab permasalahan yang dirumuskan.

3.2.8 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, hasil analisa dan pembahasan kemudian dapat ditarik suatu kesimpulan yang sesuai dengan perumusan, analisa dan pembahasan dalam penelitian ini serta tak lupa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai penyempurnaan penelitian ini.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

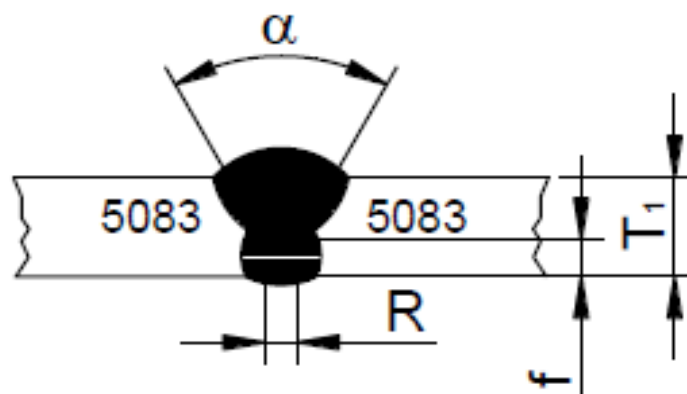
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 *Welding Procedure Specification (WPS)* pengelasan

Proses pengelasan dilakukan di *Laboratorium Welding Centre* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, adapun mengenai *Welding Procedure Specification* pada penelitian ini ialah seperti pada **Tabel 4.1** sebagai berikut:

Tabel 4.1. *Welding Procedure Specification (WPS)* pengelasan

<i>Welder</i>	Rachmad (PPNS)
<i>Welding Process</i>	GMAW
<i>Joint Design</i>	<i>Butt Joint</i>
<i>Groove</i>	<i>Single V- groove</i>
<i>Base Metal</i>	Alumunium 5083
<i>Filler Metal</i>	ER 5356, diameter 1,2 mm
<i>Posisition</i>	1G
<i>Gas</i>	Argon
<i>Flow Rate</i>	20 liter/menit, 25 liter/menit, 30 liter/menit



Gambar 4.1. Bentuk Sambungan Pengelasan

Keterangan :

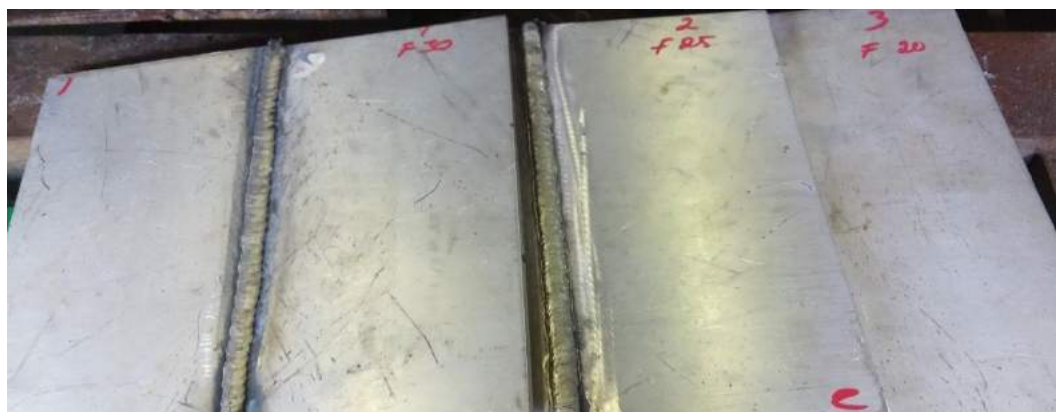
- T_1 : *Thickness*
- R : *Root Opening*
- f : *Root Face*
- α : *Grove Angle*

4.2 Hasil Pengelasan

Variasi kecepatan aliran gas pelindung yang digunakan pada pengelasan GMAW ialah 20 liter/menit, 25 liter/menit dan 30 liter/menit dengan material Alumunium seri 5083 (**Lihat Gambar 4.2 dan Gambar 4.3**).



Gambar 4.2. Plat Alumunium 5083 persiapan pengelasan



Gambar 4.3. Plat Alumunium 5083 setelah proses pengelasan dengan variasi kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit, 25 liter/menit dan 30 liter/menit.

Adapun hasil dari pengelasan GMAW pada penelitian ini diperoleh data-data seperti pada **Tabel 4.2**, **Tabel 4.3** dan **Tabel 4.4**. sebagai berikut.

Tabel 4.2. Hasil pengealsan GMAW 20 liter/menit

<i>Flow Rate</i>		20 liter/menit					
<i>Layer</i>	<i>Process</i>	<i>Filter Metal</i>		<i>Current</i>		<i>Volt</i>	<i>Travel</i>
		<i>Class</i>	<i>Diameter</i>	<i>Polarity</i>	<i>Ampere</i>		<i>Speed (s)</i>
1	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	79
2	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	72
3	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	77

Dari **Tabel 4.2** di atas didapatkan bahwa hasil pengelasan GMAW dengan kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit rentang *ampere* ialah (120-150 A), voltase (18-26 V) dan tiga layer pengelasan.

Tabel 4.3. Hasil pengealsan GMAW 25 liter/menit

<i>Flow Rate</i>		25 liter/menit					
<i>Layer</i>	<i>Process</i>	<i>Filter Metal</i>		<i>Current</i>		<i>Volt</i>	<i>Travel</i>
		<i>Class</i>	<i>Diameter</i>	<i>Polarity</i>	<i>Ampere</i>		<i>Speed (s)</i>
1	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	70
2	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	74
3	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	72

Dari **Tabel 4.3** di atas didapatkan bahwa hasil pengelasan GMAW dengan kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit rentang *ampere* ialah (120-150 A), voltase (18-26 V) dan tiga layer pengelasan.

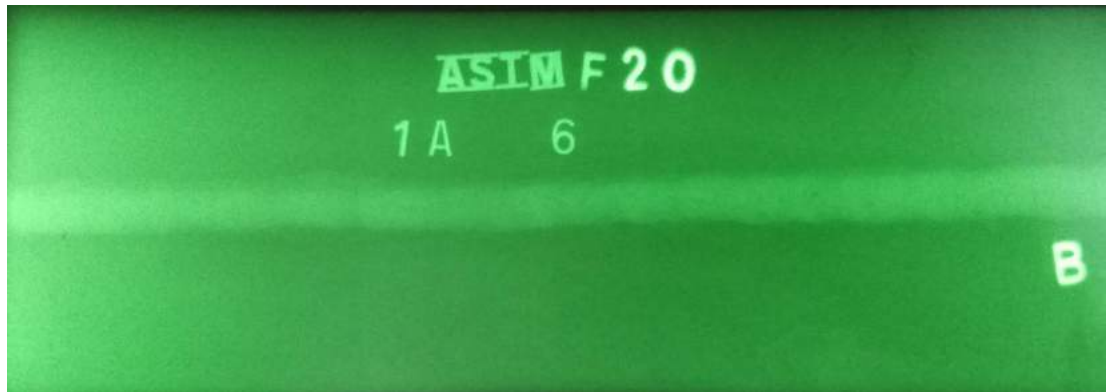
Tabel 4.4. Hasil pengealsan GMAW 30 liter/menit

<i>Flow Rate</i>		30 liter/menit					
<i>Layer</i>	<i>Process</i>	<i>Filter Metal</i>		<i>Current</i>		<i>Volt</i>	<i>Travel</i>
		<i>Class</i>	<i>Diameter</i>	<i>Polarity</i>	<i>Ampere</i>		<i>Speed (s)</i>
1	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	75
2	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	80
3	GMAW	ER 5356	1.2 mm	DCSP	120-150	18-26	78

Dari **Tabel 4.4** di atas didapatkan bahwa hasil pengelasan GMAW dengan kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit rentang *ampere* ialah (120-150 A), voltase (18-26 V) dan tiga layer pengelasan.

4.3 Hasil Pengujian NDT Radiografi (*Radiography Test*)

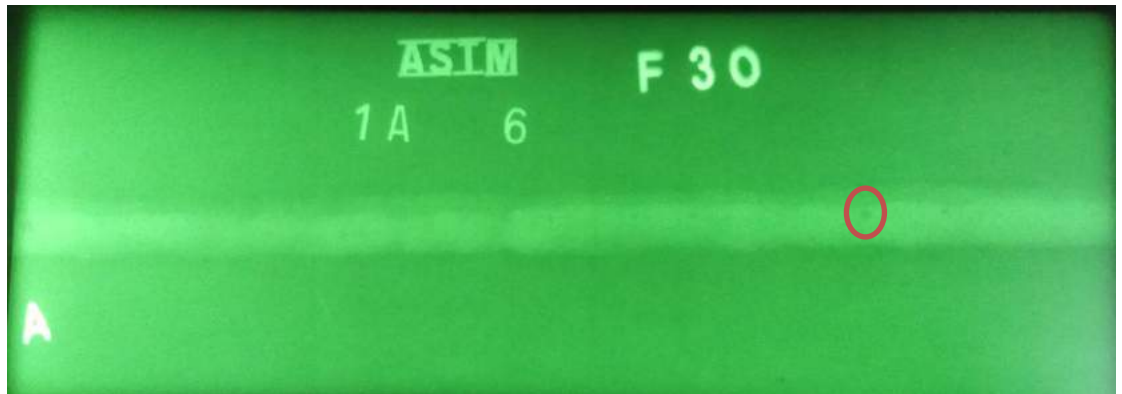
NDT Radiografi (*Radiography Test*) dilakukan di PT. Robutech, Semolowaru Selatan V No. 25, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui adanya cacat las pada spesimen, dimana pengujian dengan metode radiografi ini menggunakan radiasi sinar radioaktif dan film fotografi. Radiasi sinar tersebut kemudian akan dipaparkan pada benda atau spesimen pengelasan pada kasus ini, setelah itu sinar yang telah dipaparkan akan dipantulkan kembali ke film fotografi dimana selanjutnya hal tersebut akan menghasilkan gambaran struktur internal yang terdapat di film tersebut. Adapun hasil film radiografi pada Tugas Akhir ini ialah sebagai berikut :



Gambar 4.4. Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW Variasi Kecepatan 20 liter/menit



Gambar 4.5. Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW Variasi Kecepatan 25 liter/menit



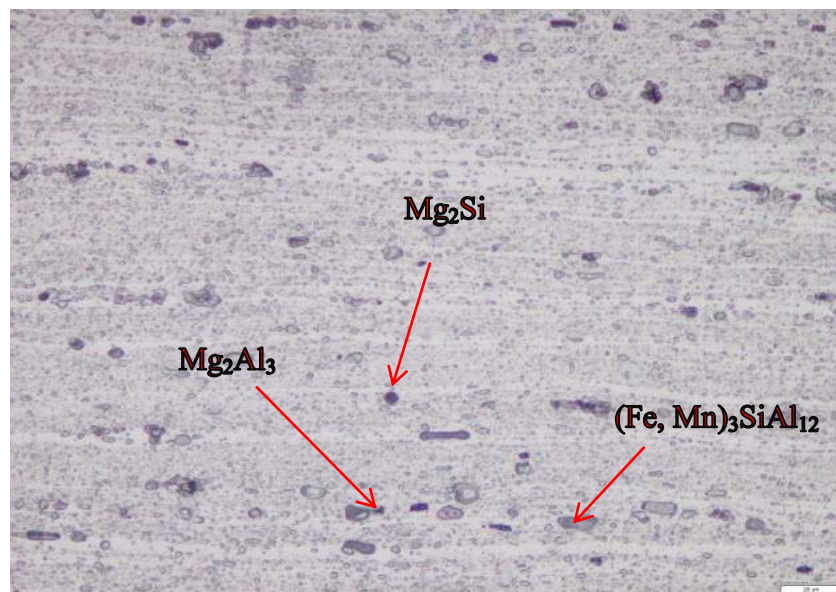
Gambar 4.6. Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW Variasi Kecepatan 30 liter/menit

Dapat dilihat dari **Gambar 4.6** hasil NDT (*Non-Destructive Test*) menunjukkan bahwa terdapat porositas pada variasi aliran gas pelindung 30 liter/menit pada hasil pengelasan GMAW Alumunium seri 5083 tersebut namun masih dalam batas wajar dan bagian yang terdapat porositas tidak digunakan dalam proses pembuatan spesimen. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar laju aliran gas pelindung dapat menyebabkan timbulnya porositas, hal ini dimungkinkan karena kecepatan pengelasan terlalu tinggi sehingga gas pelindung tidak maksimal dalam melindungi hasil pengelasan dan akibatnya udara luar dapat masuk ke dalam lasan sehingga membentuk butir atau lubang halus (porositas) pada material. Selain itu faktor penyebab terbentuknya porositas pada pengelasan alumunium yaitu disebabkan oleh adanya gas hidrogen yang larut dalam logam cair alumunium, karena batas kelarutan turun pada waktu pendinginan maka hidrogen akan keluar dari larutan serta ditambah adanya proses pembekuan yang cepat menyebabkan gas hidrogen terperangkap sehingga hasilnya akan membentuk sutau lubang-lubang halus.

4.4 Pengujian Metalografi

4.4.1 Hasil dan Analisa Struktur Mikro

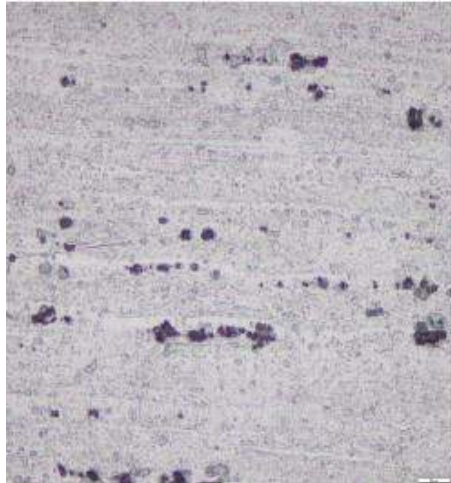
Pengamatan dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya. Pengamatan mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk dan atau perubahan suatu struktur mikro dalam hal ini struktur mikro hasil dari pengelasan. Sebelum dilakukan pengamatan perlu dilakukan terlebih dahulu pemolesan spesimen uji satu sisi dengan menggunakan kertas amplas dari grade 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 hingga 2000, kemudian dipoles kembali dengan menggunakan cairan alumina agar permukaan material semakin mengkilap. Apabila proses pemolesan telah usai selanjutnya dilakukan tahap etsa, yaitu proses pembuatan larutan kimia yang nantinya akan dibalurkan pada material yang akan diamati. Adapun larutan *Keller's Reagent* yang digunakan untuk material Aluminium seri 5083 terdiri dari : 2ml HF, 3ml HCl, 5ml HNO₃, dan 190ml H₂O dimana fungsi dari larutan ini adalah untuk mengikis permukaan material yang akan diamati agar daerah *Base Metal*, *Fusion Line*, HAZ (*Heat Affected Zone*) dan *Weld Metal* dapat dengan mudah diamati. Pada pengamatan struktur mikro pembesaran yang dilakukan ialah pembesaran 100x dan 500x, adapun daerah-daerah yang diamati yaitu *Base Metal*, *Fusion Line*, HAZ (*Heat Affected Zone*) dan *Weld Metal*.



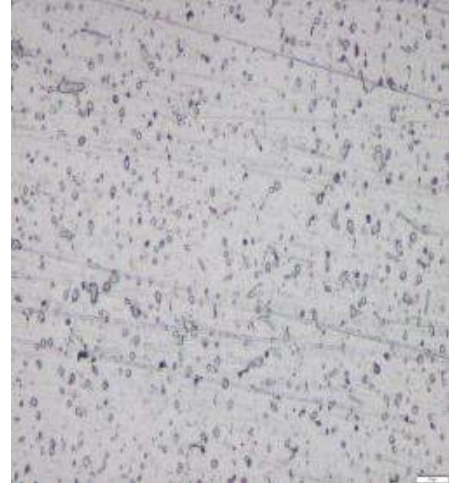
Gambar 4.7. Senyawa Penyusun Alumunium 5083

Menurut *Atlas Micro Structure of Aluminum*, paduan 5083 terdiri dari senyawa Mg_2Al_3 dan $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ yang menyatu dengan matrik aluminium. Disamping itu akibat proses pengelasan terbentuk partikel hitam yang tersebar (*dispered*) merata pada matrik Aluminium yang berwarna putih adalah Mg_2Si , adapun partikel senyawa berwarna abu-abu adalah $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$, partikel senyawa berwarna kebiru-biruan merupakan Mg_2Al_3 . Proses pengelasan tentu tidak terlepas dari perilaku panas yang ditimbulkan selama prosesnya, proses ini dapat merubah suatu stuktur mikro dimana perubahan struktur mikro tersebut terjadi pada daerah *fusion line* (HAZ). Daerah ini memiliki butir-butir lebih kasar yang disebabkan karena base metal yang menerima panas lebih besar akan melepaskan Magnesium (Mg) kemudian akan bersenyawa dengan silikon (Si) (Junus, 2011). Pada **Gambar 4.7** merupakan senyawa penyusun struktur mikro hasil pengelasan dari Aluminium 5083 dengan *filler metal* 5356, dapat terlihat bahwa adanya pembentukan Mg_2Si . Hal ini terjadi karena silikon (Si) yang merupakan unsur tambahan dari filler memiliki kepekaan untuk membentuk formasi Mg_2Si tersebut.

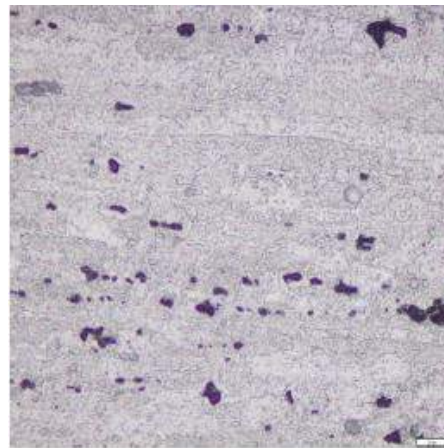
Formasi presipitasi dan dispersi dari Mg_2Si dapat mempengaruhi meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan pada Aluminium 5083, seiring dengan meningkatnya laju aliran gas pelindung dan masukan panas akan meningkatkan presipitasi partikel Magnesium Silikat (Mg_2Si). Namun semakin banyak meningkatkan presipitasi partikel Magnesium Silikat (Mg_2Si) tersebut akan menurunkan sifat ketangguhan material, hal ini terjadi karena unsur silikon yang terkandung pada Magnesium Silikat akan menurunkan sifat ketangguhan pada material. Selain dari pada itu Peasura, P (2012) bahwa pengelasan dengan argon memberikan ukuran butir yang kecil sehingga dengan ukuran tersebut dapat menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi atau baik. Hal tersebut dapat dilihat pada hasil struktur mikro bahwa terciptanya bentuk butir-butir kecil pada hasil pengelasan GMAW dengan argon yang mana hal ini dapat dapat mempengaruhi meningkatkan terhadap sifat mekanis.



(a) F20 HAZ



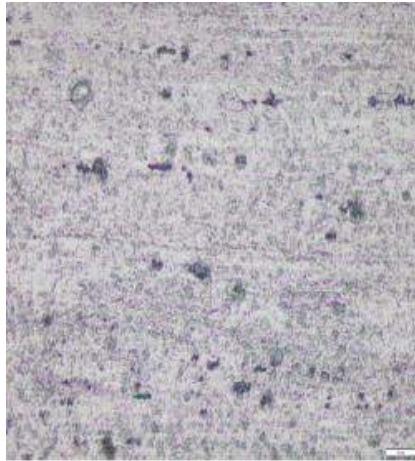
(b) F20 WM



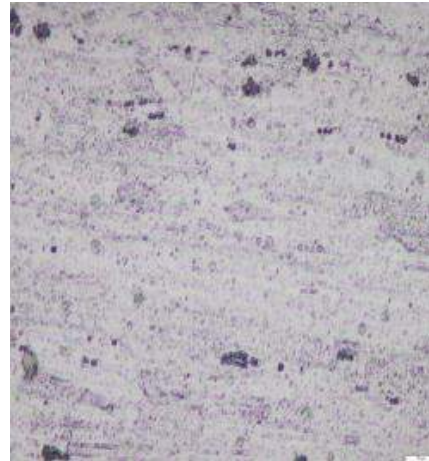
(c) F20 BM

Gambar 4.8. Hasil struktur mikro pembesaran 500x variasi kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit

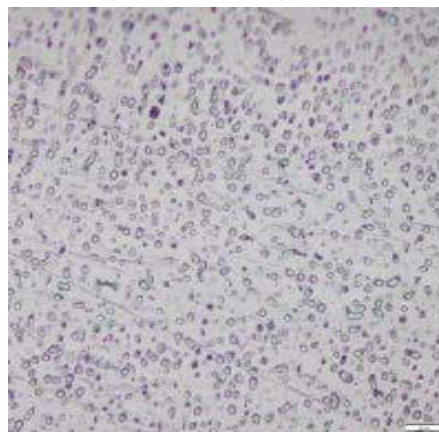
Pada **Gambar 4.8** dapat menunjukkan gambar dari hasil struktur mikro untuk perhitungan persentase terang dan gelap, dimana persentase terang dan gelap menggunakan metode *point counting* pada (a) daerah HAZ yaitu persentase *ferrite* (terang) 48%, *pearlite* (gelap) 52%. (b) daerah weld metal yaitu persentase *ferrite* (terang) 37%, *pearlite* (gelap) 63%. (c) daerah base metal yaitu persentase *ferrite* (terang) 49%, *pearlite* (gelap) 51%.



(a) F25 BM



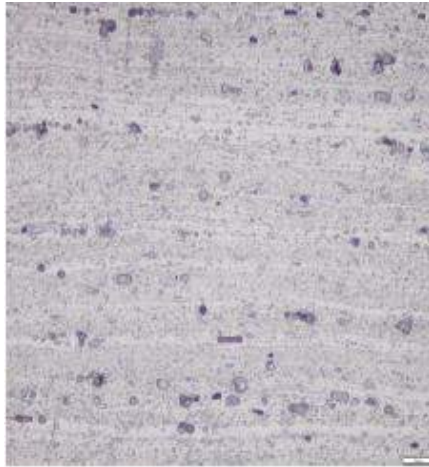
(b) F25 HAZ



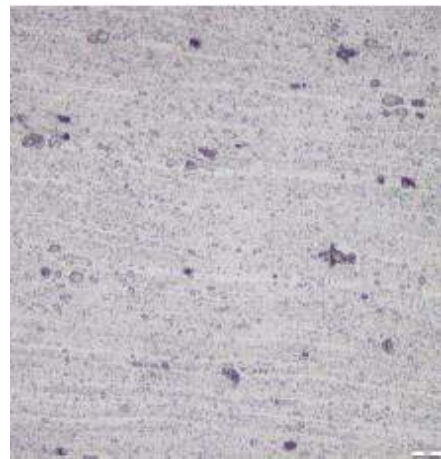
(c) F25 WM

Gambar 4.9. Hasil struktur mikro pembesaran 500x variasi kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit

Pada **Gambar 4.9** dapat menunjukkan gambar dari hasil struktur mikro dimana persentase terang dan gelap menggunakan metode *point counting* pada (a) daerah BM yaitu persentase *ferrite* (terang) 49%, *pearlite* (gelap) 51%. (b) daerah HAZ yaitu persentase *ferrite* (terang) 46%, *pearlite* (gelap) 54%. (c) daerah weld metal yaitu persentase *ferrite* (terang) 30%, *pearlite* (gelap) 70%.



(a) F30 BM



(b) F30 HAZ



(c) F30 WM

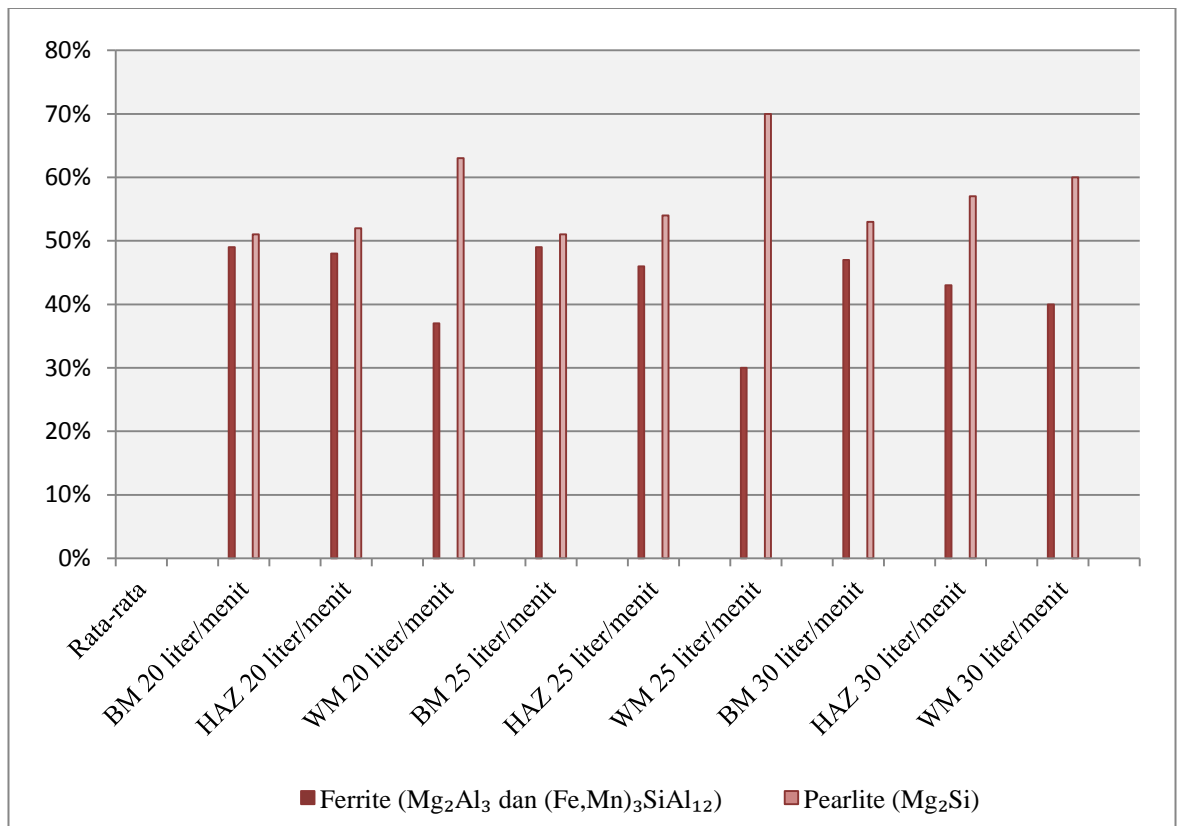
Gambar 4.10. Hasil struktur mikro pembesaran 500x variasi kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit

Pada **Gambar 4.10** menunjukkan gambar dari hasil struktur mikro dimana persentase terang dan gelap menggunakan metode *point counting* pada (a) daerah BM yaitu persentase *ferrite* (terang) 47%, *pearlite* (gelap) 53%. (b) daerah HAZ yaitu persentase *ferrite* (terang) 57%, *pearlite* (gelap) 43%. (c) daerah weld metal yaitu persentase *ferrite* (terang) 40%, *pearlite* (gelap) 60%.

Berikut adalah persentase dan perbandingan ferrite dan pearlite, seperti pada **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.11** di bawah

Tabel 4.5. Persentase *ferrite* dan *pearlite*

Rata-rata	Persentase	
	Ferrite (Mg_2Al_3 dan $(\text{Fe,Mn})_3\text{SiAl}_{12}$)	Pearlite (Mg_2Si)
BM 20 liter/menit	49%	51%
HAZ 20 liter/menit	48%	52%
WM 20 liter/menit	37%	63%
BM 25 liter/menit	49%	51%
HAZ 25 liter/menit	46%	54%
WM 25 liter/menit	30%	70%
BM 30 liter/menit	47%	53%
HAZ 30 liter/menit	43%	57%
WM 30 liter/menit	40%	60%



Gambar 4.11. Perbandingan Grafik persentase *ferrite* dan *pearlite*

Dari perbandingan grafik persentase *ferrite* dan *pearlite* pada Gambar 4.11 terlihat bahwa persentase *ferrite* dan *pearlite* pada daerah base metal untuk setiap variasi relatif sama, pada daerah HAZ untuk setiap variasi mengalami sedikit persentase naik turun akibat masukan panas yang tidak merata saat pengelasan. Sedangkan persentase *ferrite* dan *pearlite* pada daerah weld metal untuk setiap variasi menunjukkan peningkatan dimana persentase tertinggi saat variasi kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit. Persentase *pearlite* yang mengandung senyawa Mg_2Si mengalami peningkatan mulai dari daerah base metal, HAZ hingga weld metal, hal tersebut terjadi saat proses pengelasan dimana pengelasan tentu tidak terlepas dari perubahan panas ditambah dengan kecepatan dari aliran gas yang digunakan. Apabila kecepatan aliran gas bertambah diikuti masukan panas yang besar maka akan meningkatkan persentase *pearlite* begitu pun butiran-butiran kecilnya.

4.4.2 Kesimpulan Pengujian Metalografi

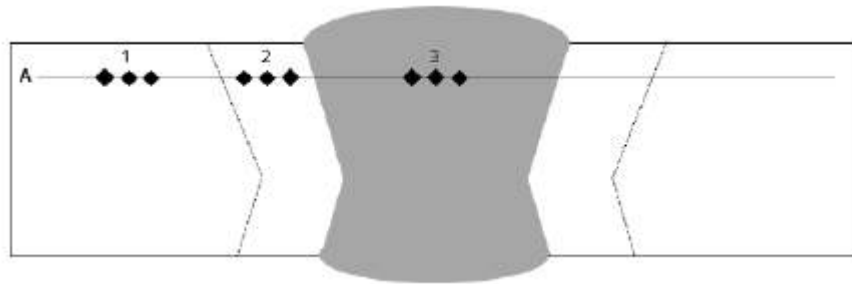
Pengelasan dengan menggunakan argon menghasilkan ukuran bentuk butir-butir kecil seperti yang terlihat pada **Gambar 4.8 (b)**, **Gambar 4.9 (c)** dan **Gambar 4.10 (c)** yang diidentifikasi bahwa butiran-butiran tersebut mengandung Mg_2Si . Semakin besar kecepatan aliran gas pelindung disertai dengan tingginya masukan panas maka akan meningkatkan adanya senyawa Mg_2Si begitu juga dengan peningkatan butir-butir kecilnya yang dapat meningkatkan sifat mekanis. Persentase *pearlite* mulai dari daerah *base metal*, HAZ dan *weld metal* mengalami peningkatan.

4.5 Pengujian Kekerasan (*Vickers Hardness Test*)

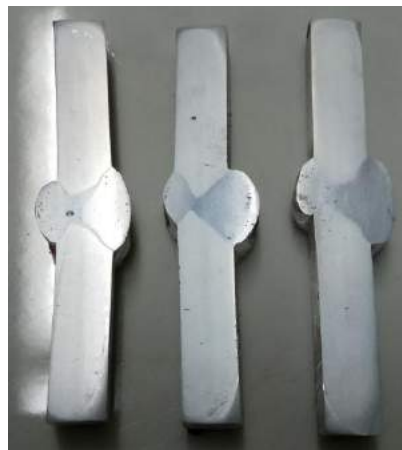
4.5.1 Hasil Pengujian Kekerasan (*Vickers Hardness Test*)

Pengujian Kekerasan dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Teknik Perkapalan FTK-ITS Surabaya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu benda ketika diberikan pembebanan selain itu dalam hal ini pengujian kekerasan juga bertujuan untuk melihat perbedaan nilai kekerasan disetiap daerahnya. Adapun pada

pengujian kekerasan ini digunakan metode *Vickers Hardness Test* dimana dilakukan pada 9 titik yang meliputi daerah-daerah sebagai berikut; 3 titik *Weld Metal*, 3 titik HAZ (*Heat Affected Zone*), dan 3 titik *Base Metal*. Sama halnya dengan pengamatan struktur mikro, terlebih dahulu spesimen uji harus di poles dengan menggunakan kertas amplas dari grade 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 hingga 2000 kemudian membuat larutan *Keller's Reagent* yang akan dibalurkan pada material uji Aluminium seri 5083 terdiri dari : 2ml HF, 3ml HCl, 5ml HNO₃, dan 190ml H₂O guna mempermudah pengamatan daerah-daerah las-lasan seperti yang telah dijelaskan di sebelumnya.



Gambar 4.12. Titik *Vickers Hardness Test*



Gambar 4.13. Spesimen Uji Kekerasan

Adapun hasil pengujian pada pada Tugas Akhir ini, didapatkan data-data sebagai berikut :

Tabel 4.6. Hasil Uji Kekerasan Variasi Kecepatan Aliran Gas 20
liter/menit

Location	Vickers Hardness Test								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
A	74,94	74,4	74,23	71,93	69,21	69,69	68,84	66,84	63,93
Average	74,52			70,28			66,54		

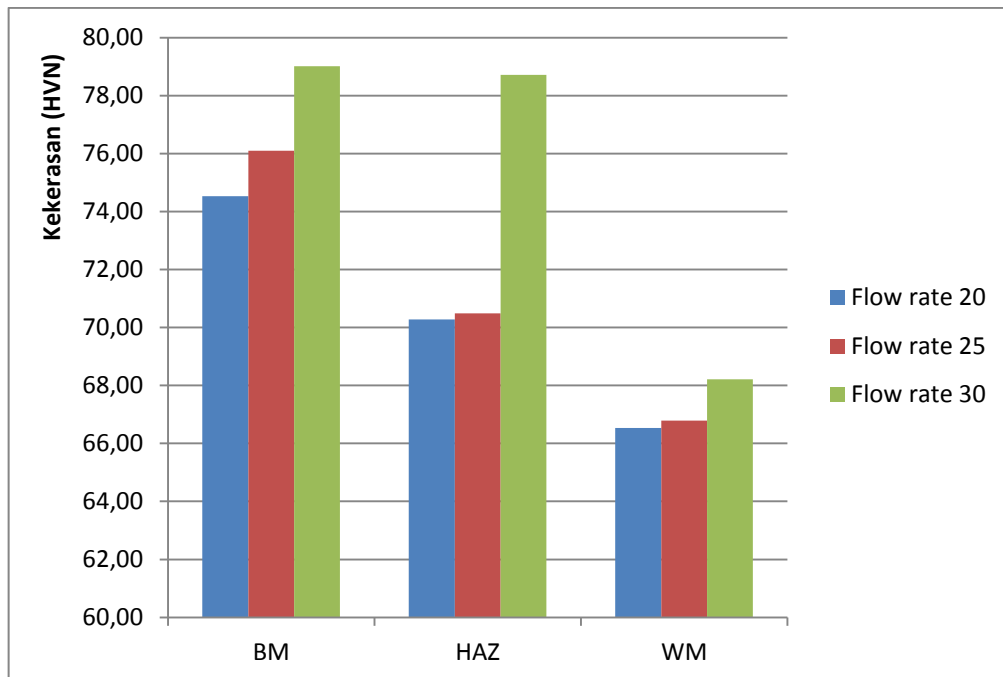
Tabel 4.7. Hasil Uji Kekerasan Variasi Kecepatan Aliran Gas 25
liter/menit

Location	Vickers Hardness Test								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
A	76,88	77,13	74,28	72,61	67,69	71,15	66,69	65,92	67,76
Average	76,10			70,48			66,79		

Tabel 4.8. Hasil Uji Kekerasan Variasi Kecepatan Aliran Gas 30
liter/menit

Location	Vickers Hardness Test								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
A	76,69	82,01	78,32	79,16	71,32	85,67	68,9	66,54	69,21
Average	79,01			78,72			68,22		

Dari hasil uji kekerasan variasi kecepatan aliran gas di atas dapat dilihat dalam grafik seperti **Gambar 4.14** dibawah ini.



Gambar 4.14. Perbandingan Grafik Nilai Kekerasan Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung 20, 25 dan 30 liter/menit

Dari **Tabel 4.6**, **Tabel 4.7**, **Tabel 4.8** dan **Gambar 4.14** diatas dapat diketahui bahwa spesimen dengan nilai kekerasan tertinggi pada *Base Metal*, *HAZ* dan *Weld Metal* yaitu ketika variasi kecepatan aliran gas 30 liter/menit dengan nilai kekerasan pada *Base Metal* 79,01 HVN, *HAZ* 78,72 HVN dan *Weld Metal* 68,22 HVN. Nilai kekerasan tertinggi berikutnya ketika variasi kecepatan aliran gas 25 liter/menit dengan nilai kekerasan pada *Base Metal* 76,10 HVN, *HAZ* 70,48 HVN dan *Weld Metal* 66,79. Nilai kekerasan terendah ketika variasi kecepatan aliran gas 20 liter/menit dengan nilai kekerasan pada *Base Metal* 74,52 HVN, *HAZ* 70,28 HVN dan *Weld Metal* 66,54 HVN. Dari hasil pengujian kekerasan dapat diamati bahwa pada daerah *Base Metal* mengalami peningkatan nilai kekerasan namun dalam batas yang relatif tidak signifikan yang dapat diartikan bahwa pada daerah ini tidak terjadi perubahan kekerasan sedangkan pada daerah *HAZ* dan *Weld Metal* dimana pada daerah ini selama proses pengelasan mendapatkan pengaruh panas lebih besar sehingga kekerasan cenderung naik. Terlihat bahwa nilai kekerasan di daerah *HAZ* pada kecepatan aliran gas 20 liter/menit dan 25 liter/menit tidak terlalu signifikan berbeda dibandingkan dengan nilai

kekerasan pada kecepatan aliran gas 30 liter/menit, hal ini disebabkan karena masukan panas yang diterima oleh kecepatan aliran gas 30 liter/menit lebih rendah. Begitu pun yang terjadi pada daerah *Weld Metal*, semakin rendah masukan panas maka akan semakin tinggi nilai kekerasan. Selain itu peningkatan nilai kekerasan tersebut dipengaruhi oleh ukuran serta banyaknya butiran-butiran kecil yang terbentuk akibat pengelasan dengan argon, dimana seiring dengan bertambahnya kecepatan aliran gas pelindung maka akan meningkatkan banyaknya butiran-butiran maka dapat meningkatkan kekerasan.

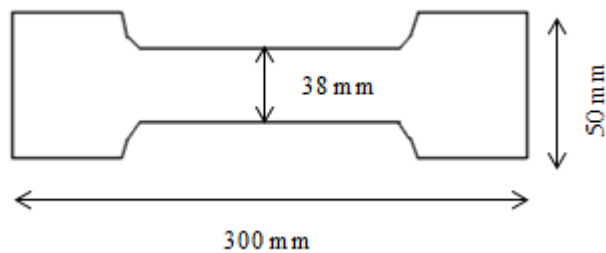
4.5.2 Kesimpulan Pengujian Kekerasan (*Vickers Hardness Test*)

Dari data hasil uji kekerasan rata-rata dari setiap spesimen, terdapat peningkatan nilai kekerasan dari daerah *Base Metal*, *HAZ* dan *Weld Metal*. maka metode pengelasan GMAW Alumunium seri 5083 dengan kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit mempunyai nilai kekerasan paling tertinggi dibandingkan dengan variasi kecepatan aliran gas pelindung lainnya dengan masing-masing nilai kekerasan pada *Base Metal* 79,01 HVN, *HAZ* 78,72 HVN dan *Weld Metal* 68,22 HVN. Hal ini terjadi karena apabila semakin besar kecepatan aliran gas pelindung semakin besar nilai kekerasan maka masukan panas yang diterimapun akan semakin rendah. Pengelasan dengan argon menciptakan bentuk butiran-butiran kecil yang tersusun dari Mg_2Si dimana semakin banyak butir-butir kecil dan ukuranya yang kecil tersebut akan memberikan nilai kekerasan yang lebih baik, kemudian adanya formasi bentuk-bentuk Mg_2Si yang tersebar terlebih formasi senyawa ini apabila semakin banyak tersebar maka akan mempengaruhi sifat kekerasan. Dari **Gambar 4.14** dapat terlihat peningkatan kekerasan dari setiap daerah las yang dilakukan uji kekerasan.

4.6 Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

4.6.1 Hasil Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Teknik Perkapalan FTK-ITS Surabaya. Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui ketahanan atau kekuatan dari perilaku suatu mekanik material dan karakteristik patahannya dengan cara memberikan beban gaya pada material, dimana hasil dari pengujian tarik tersebut berguna untuk *design produk* dari data-data hasil uji yang diperoleh selain itu pengujian tarik banyak digunakan untuk kebutuhan rancangan dasar kekuatan suatu material. Adapun bentuk spesimen uji tarik material alumunium yang digunakan pada tugas akhir ini berdasarkan AWS D.1.2.

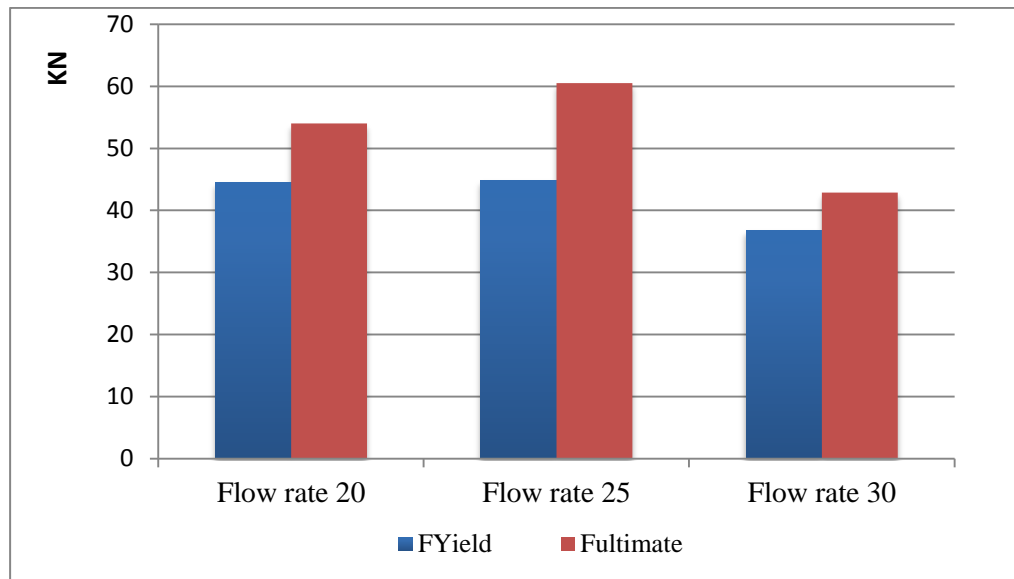


Gambar 4.15. *Design* spesimen uji tarik

Dari pengujian tarik yang dilakukan pada penelitian ini, diperoleh data-data sebagai berikut:

Tabel 4.9. F_{Yield} dan $F_{Ultimate}$ Hasil Uji Tarik

Code	Lebar	Tebal	Luas	F Yield		F Ultimate		Rata-Rata	
Spesimen	(mm)	(mm)	(mm ²)	KN	N	KN	N	F Yield (KN)	F Ultimate (KN)
F20	37,77	6,46	243,95	44,5	44500	54	54000	42	52,45
F25	37,825	6,49	245,49	44,75	44750	60,5	60500		
F30	38,385	6,46	247,96	36,75	36750	42,85	42850		

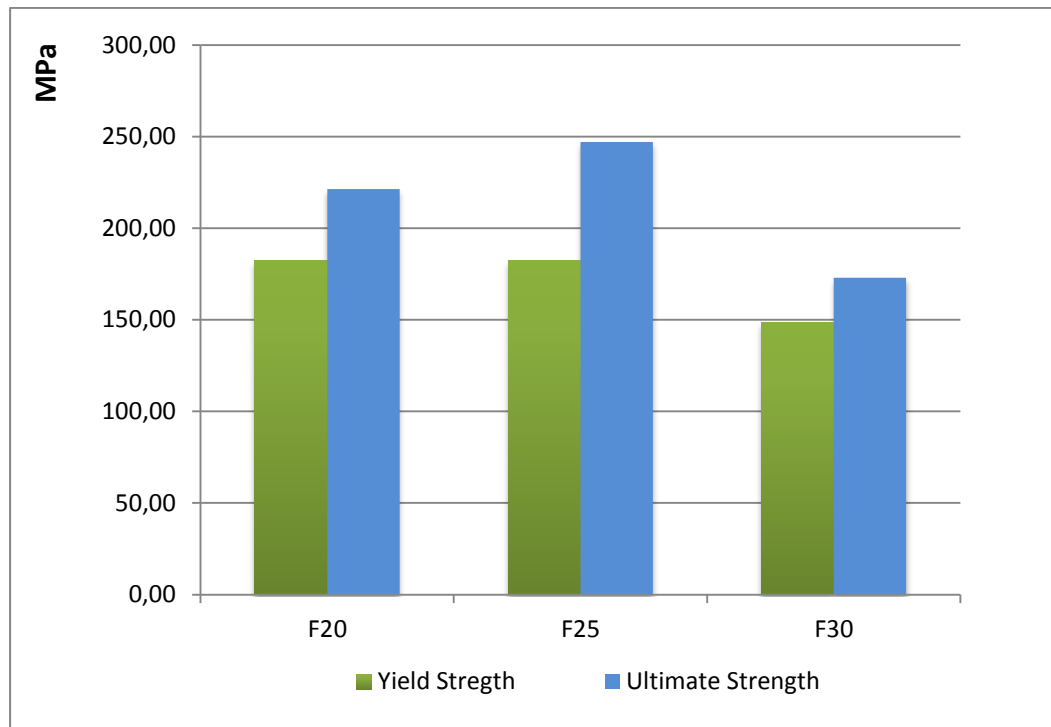


Gambar 4.16. Perbandingan Grafik Uji Tarik Nilai F_{yield} dan $F_{Ultimate}$ Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung 20, 25 dan 30 liter/menit

Pada **Tabel 4.9** dan **Gambar 4.16** dapat menunjukkan bahwa hasil uji tarik dari pengelasan dengan metode GMAW dimana kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit mempunyai nilai gaya luluh (F_{yield}) 44,75 KN dan gaya ultimate ($F_{ultimate}$) 60,5 KN yang merupakan terkuat dibandingkan dengan variasi kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit dengan nilai gaya luluh (F_{yield}) 44,5 KN dan gaya ultimate ($F_{ultimate}$) 54 KN dan variasi kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit dengan gaya luluh (F_{yield}) 36,75 KN dan gaya ultimate ($F_{ultimate}$) 42,85 KN.

Tabel 4.10. *Yield Strength* dan *Ultimate Strength* hasil pengujian tarik

Spesimen	Hasil Uji Tarik			Rata-Rata	
	Yield Strength (MPa)	Ultimate Strength (MPa)	Patah	Yield Strength (MPa)	Ultimate Strength (MPa)
F20	182,38	221,31	Weld Metal	171,05	213,77
F25	182,50	247,06	Weld Metal		
F30	148,27	172,94	Weld Metal		



Gambar 4.17. Perbandingan Grafik Uji Tarik Nilai *Yield Strength* dan *Ultimate Strength* Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung 20, 25 dan 30 liter/menit

Pada **Tabel 4.10** dan **Gambar 4.17** dapat menunjukkan bahwa hasil uji tarik dari pengelasan dengan metode GMAW dimana kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit mempunyai nilai *yield strength* 182,50 MPa dan *ultimate strength* 247,06 MPa yang merupakan tertinggi dibandingkan dengan variasi kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit dengan nilai *yield strength* 182,38 MPa dan *ultimate strength* 221,31 MPa dan variasi kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit dengan *yield strength* 148,27 MPa dan *ultimate strength* 172,94 MPa. Menurunnya nilai *yield strength* dan *ultimate strength* pada kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit, penurunan tersebut terjadi pada variasi kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit karena lebih lamanya material terekspose gas pelindung saat proses pengelasan yaitu sebesar 30 liter/menit sehingga membuat material menjadi getas. Masukan panas yang diterima oleh variasi kecepatan aliran gas 30 liter/menit pun paling rendah, disamping itu apabila semakin besar masukan panas maka akan meningkatkan kekuatan tarik. Sedangkan dari

hasil pengamatan struktur mikro terlihat bahwa terdapat pembentukan senyawa partikel Mg_2Si dimana peningkatan magnesium silikat terjadi seiring dengan meningkatnya kecepatan aliran gas dan masukan panas karena besarnya kecepatan aliran gas dan masukan panas yang dihasilkan pada proses pengelasan akan membuat Magnesium (Mg) terlepas kemudian akan bersenyawa dengan silikon (Si).

4.6.2 Kesimpulan Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Dari data hasil uji tarik di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa terjadi peningkatan nilai uji tarik pada pengelasan dengan metode GMAW variasi kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit dan kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit, namun untuk variasi kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit terjadi penurunan. Semakin besar kecepatan aliran gas pelindung dan masukan panas yang dihasilkan maka akan meningkatkan kekuatan tarik. Seiring bertambahnya kecepatan aliran gas pelindung dan masukan panas akan membuat banyaknya presipitasi senyawa partikel Mg_2Si .

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa pengelasan dengan argon menghasilkan butir-butir kecil yang mana ukuran butir kecil dan banyaknya butir-butir ini dapat meningkatkan sifat tarik dan kekerasan, semakin besar penggunaan gas pelindung dan masukan panas yang dihasilkan akan meningkatkan presipitasi dan pembentukan senyawa Mg_2Si .
2. Pengelasan dengan variasi kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit mempunyai nilai kekerasan tertinggi yaitu pada *Base Metal* 79,01 HVN, *HAZ* 78,72 HVN dan *Weld Metal* 68,22 HVN. Semakin besar kecepatan aliran gas pelindung akan meningkatkan partikel Magnesium Silikat (Mg_2Si) dan butir-butir serta ukuran butir kecil (hasil pengelasan memakai argon) yang akan membuat semakin besar nilai kekerasan karena masukan panas yang diterimapun semakin rendah.
3. Peningkatan nilai kekuatan tarik terjadi pada pengelasan dengan metode GMAW pada variasi kecepatan aliran gas pelindung 20 liter/menit dan kecepatan aliran gas pelindung 25 liter/menit, namun variasi kecepatan aliran gas pelindung 30 liter/menit cenderung mengalami penurunan hal ini sebab semakin besar kecepatan aliran gas pelindung dan masukan panas akan membuat presipitasi senyawa partikel Mg_2Si meningkat, sehingga meningkatkan kekuatan tarik.

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya variasi jenis gas pelindung dapat dilakukan untuk mengetahui perbedaan dengan argon.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

Aalco. (2017, Februari 5). *Aluminium Alloy 5083*: <http://www.aalco.co.uk>

Anggraeni, Safira Dwi. 2016. **“Studi Perbandingan Proses Pengelasan SMAW pada Lingkungan Darat dan Bawah Air terhadap Ketahanan Uji Bending Weld Joint material A36”**. Surabaya: Tugas Akhir Teknik Kelautan FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Anggora Griya, Gagah. 2016. **“Analisa Besarnya Energy Absorb dan Konsentrasi Tegangan Akibat Multiple Repair Welding pada Material Butt Joint Alumunium 5083-H112 dengan Metode Pengujian Mekanika dan Elemen Hingga”**. Surabaya: Tugas Akhir Teknik Perkapalan FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

AusAID. 2001. **“Dasar Las MIG-MAG/GMAW”**. Batam: Batam Institutional Development Project.

ASM Handbook Volume 6. 1993. **“Welding, Brazing and Soldering”** : ASM International.

ASME section IX. 2015. **“Qualification Standard For Welding, Brazing, And Fusing Procedures; Welders, Brazers, And Welding, Brazing, And Fusing Operators”**. New York: The American Society of Mechanical Engineers New York.

ASTM section E92. 2003. **“Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials”**. Washington: ASTM Publishing.

AWS section D1.2. 2014. **“Structural Welding Code-Steel”**. Florida: American Welding Society.

Baihaqi, Taufik. 2013. **“Analisa Pengaruh Sisi Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Dua Sisi Friction Stir Welding Alumunium 5083 pada Kapal Katamaran”**. Surabaya: Tugas Akhir Teknik Perkapalan FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Budiarsa, I N. 2008. “Pengaruh Besar Arus Pengelasan Dan Kecepatan Volume Alir Gas Pada Proses Las GMAW Terhadap Ketangguhan Alumunium 5083”, **Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, CAKRAM, Vol. 2, No. 2, Desember, hal. 112-116.**

Cahyo, Aryo. **“Analisa Pengaruh Pengelasan Ulang Alumunium 5083 dengan Metode Gas Metal Arc Welding (GMAW) terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro dan Ketahan Korosinya”**. Digilib ITS

Darsin, M dkk. 2010. “Analisa Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan Alumunium 5083 Akibat Pengelasan Metal Inert Gas (MIG) Dengan Variasi Preheat Dan Post Heat”, **Jurnal ROTOR, Vol. 3, No. 2, Juli, hal. 67-75.**

Dedi Prasetyo, Bayu. **“Studi Variasi Pengelasan Ulang terhadap Cacat Las dan Kekerasan Material Alumunium 5083”**. Digilib ITS. 2008

Fadhilah, Irfan. **“Analisa Struktur Mikro (Metalografi)”**. Bandung: Laporan Praktikum Teknik Metalurgi, FTTM, Institut Teknologi Bandung.

Totten, George E dan Mackenzie, D Scott. 2003. **“Handbook of Aluminum Volume 1 Physical Metallurgy and Processes”**. New York: Marcel Dekker Inc.

- Haqqi, Syaiful. 2012. **“Analisa Pengaruh Bacling Plate Material Pengelasan Dua Sisi Friction Stir Welding Terhadap Sifat Mekanik Alumunium 5083 pada Kapal Katamaran”**. Surabaya: Tugas Akhir Teknik Perkapalan FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jenney, Cynthia., O’Brien, Annette. 2001. **“AWS Welding Handbook volume 1- 9th Edition”**. Miami: American Welding Society.
- Junus, Salahuddin. 2011. “Pengaruh Besar Aliran Gas Terhadap Cacat Porositas dan Struktur Mikro Hasil pengelasan MIG pada Paduan Alumunium 5083”, **Jurnal ROTOR, Vol. 4, No. 1. Januari, hal. 22-31.**
- Ladamay, Ode Muchammad Rizki. 2009. **“Studi Perbandingan Pengaruh Suhu Interpass terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Alumunium 5083 dengan Metode Pengelasan GMAW”**. Surabaya: Tugas Akhir Teknik Perkapalan FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Peasura, P dan Watanapa, A. 2012. “Influence of Shielding Gas on Aluminum Alloy 5083 Gas Tungsten Arc Welding”. **SciVerse ScienceDirect, Procedia Engineering 29 , 2465-2469.**
- Putra, Pandu Damay. 2016. **“Analisa Perbandingan Laju Korosi di Lingkungan Laut dari Hasil Pengelasan GMAW pada Sambungan Las Alumunium Seri 5050 karena Pengaruh Variasi kecepatan Aliran Gas Pelindung”**. Surabaya: Tugas Akhir Teknik Kelautan FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Scott, M. H dan Gittos, M. F. 1982. **“Tensile and Toughness properties of Arc-Welded 5083 and 6082 Aluminum Alloys”**, *Research Development*. New York.

Susetyo, Ferry Budhi dkk. 2013. “Studi karakteristik Hasil Pengelasan MIG Pada Material Alumunium 5083”, **Jurnal Mechanical**, Vol. 4, No. 2, September, hal. 11-17

The Lincoln Company. 2016. “*Aluminum GMAW Guide*”. Cleveland: The Lincoln Electric Co.

Wahyudi. 2013. “**Uji Material-1**”. Surabaya: Materi Kuliah Mekanika dan Bahan Jurusan Teknik Kelautan FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Welding Picture. (2017, Februari 6): <http://www.newcastlewelding.com.au>

Wiryosumarto, H., Toshie Okumora. 2000. “**Teknologi Pengelasan Logam**”. Jakarta: Pradnya Paramita.

LAMPIRAN A

PENGELASAN



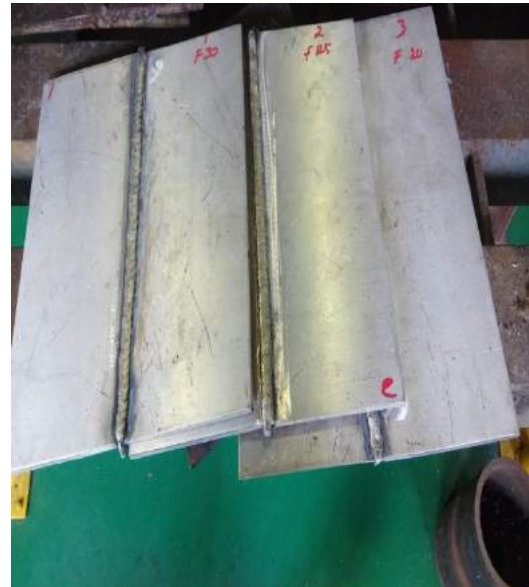
Alat pengukur Groove



Persiapan proses pengelasan



Proses Pengelasan



Hasil Pengelasan



Hasil lasan material 20 lt/menit



Hasil lasan material 25 lt/menit



Hasil lasan material 30 lt/menit



Mesin GMAW



Elektrode



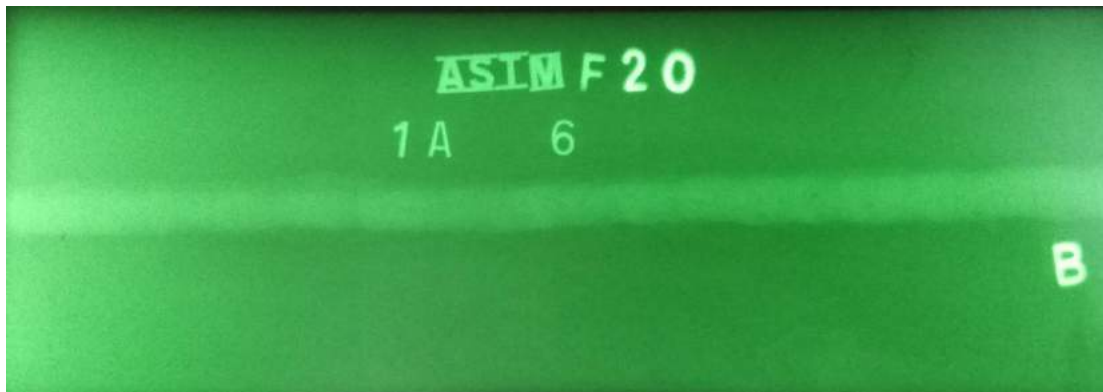
Regulator gas pelindung



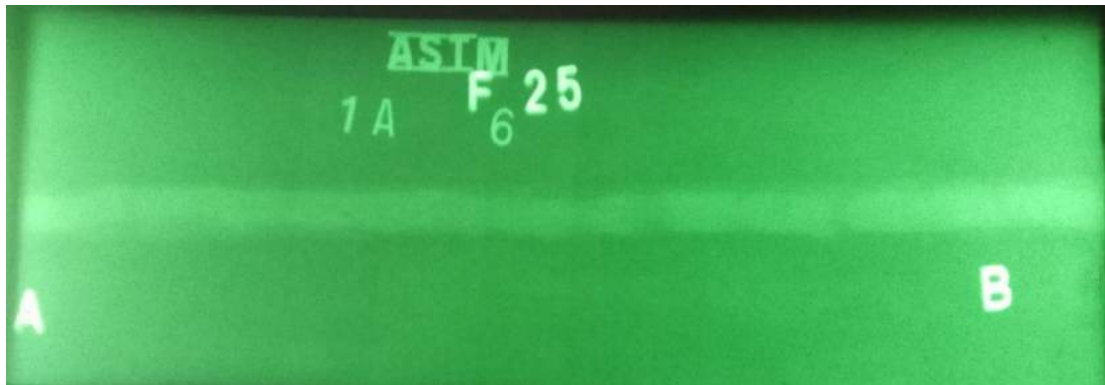
Tabung Gas Pelindung

LAMPIRAN B

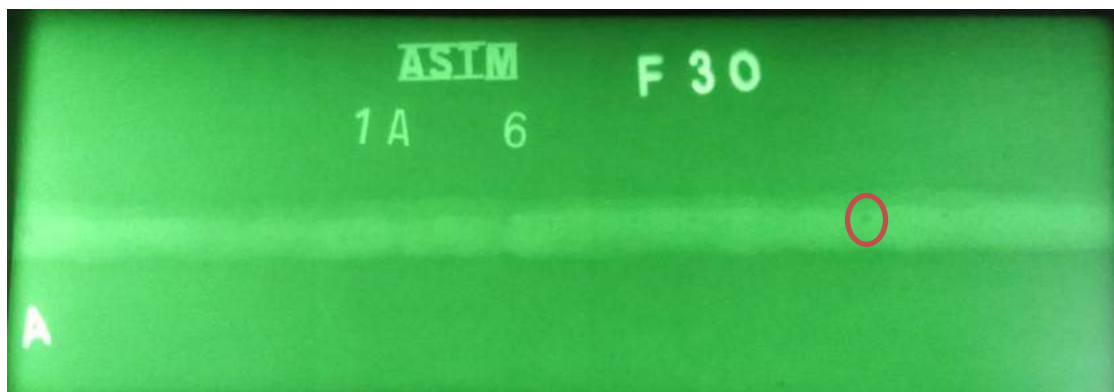
NDT



Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW Variasi Kecepatan 20 liter/menit



Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW Variasi Kecepatan 25 liter/menit



Film Hasil Radiografi Pengelasan GMAW Variasi Kecepatan 30 liter/menit



Persiapan NDT (1)



Persiapan NDT (2)



Persiapan NDT (3)

LAMPIRAN C

PENGUJIAN



Mesin Potong



Mesin Polishing



Mesin Grinda



alat penumpu/penjepit



Mesin Uji Tarik (1)



Mesin Uji Tarik (2)



Spesimen Uji Tarik (F20)



Spesimen Uji Tarik (F30)



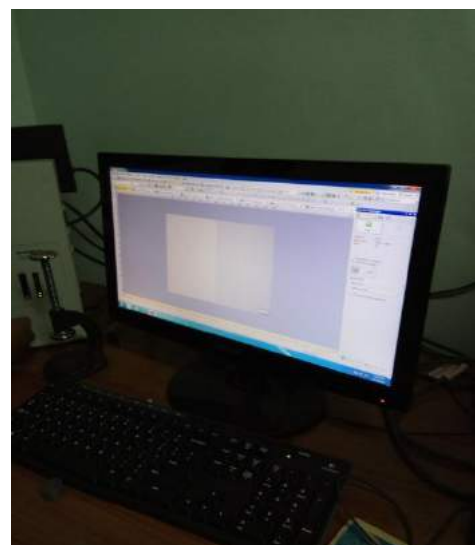
Spesimen Uji Tarik (F25)



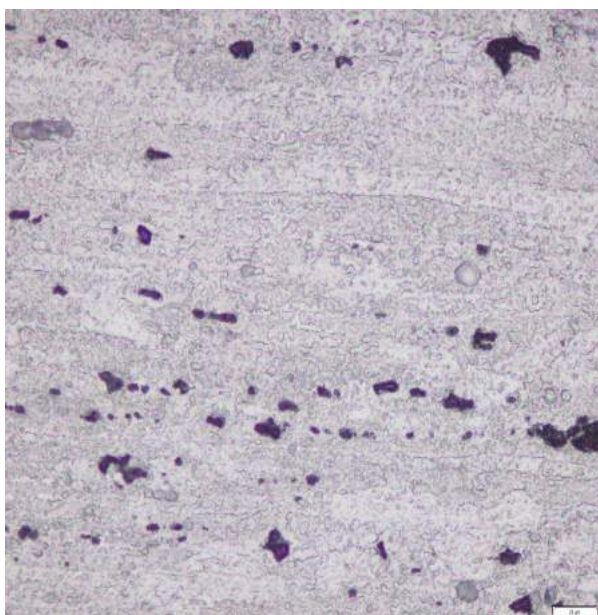
Alat Uji Kekerasan



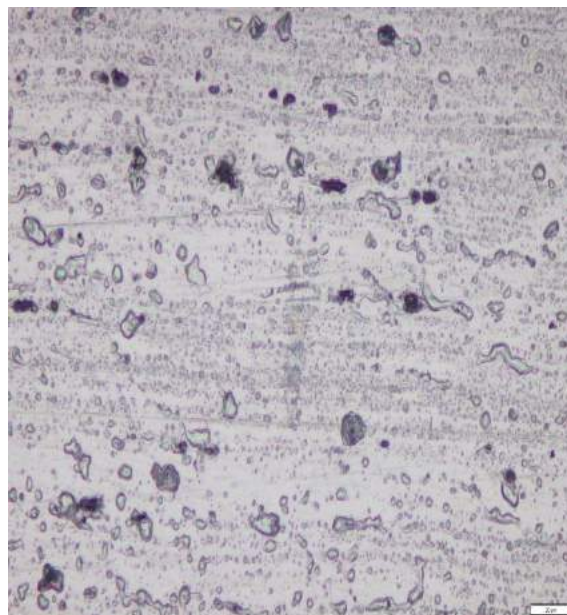
Spesimen Uji kekerasan & Mikro



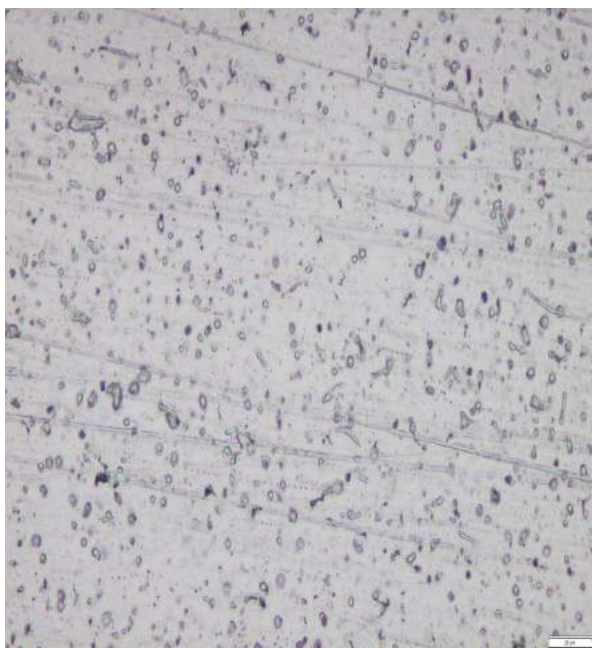
Komputer mikroskop optis



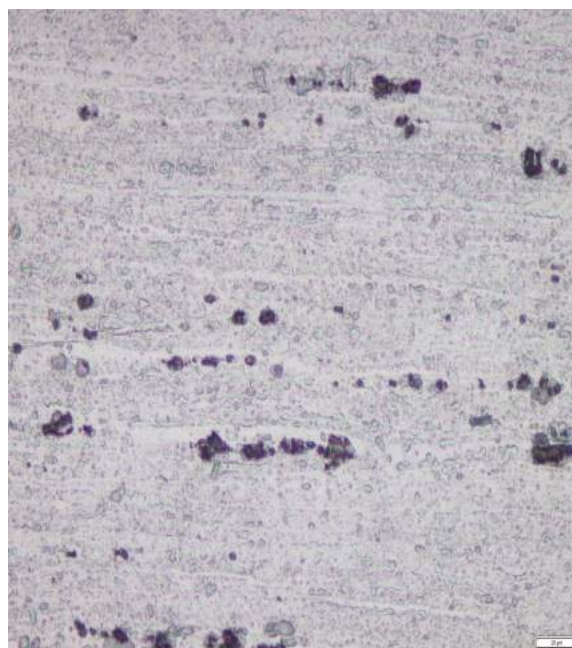
F20 BM 500x



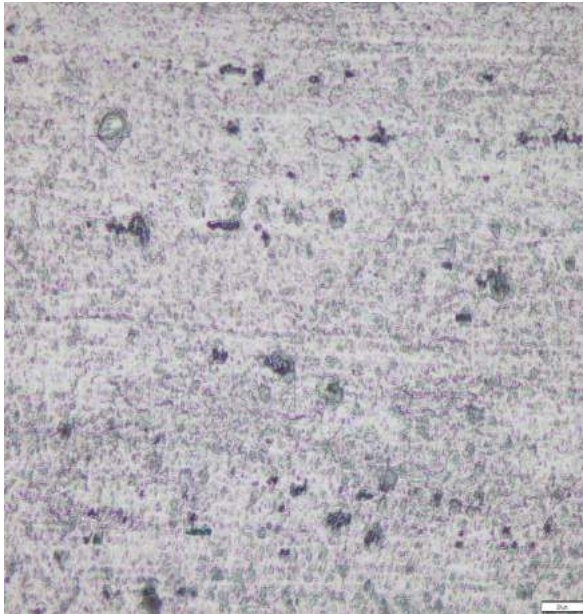
F20 FL 500x



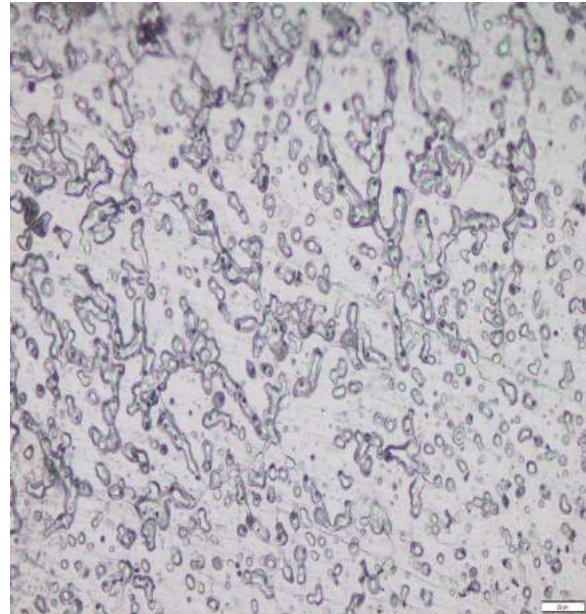
F20 WM 500x



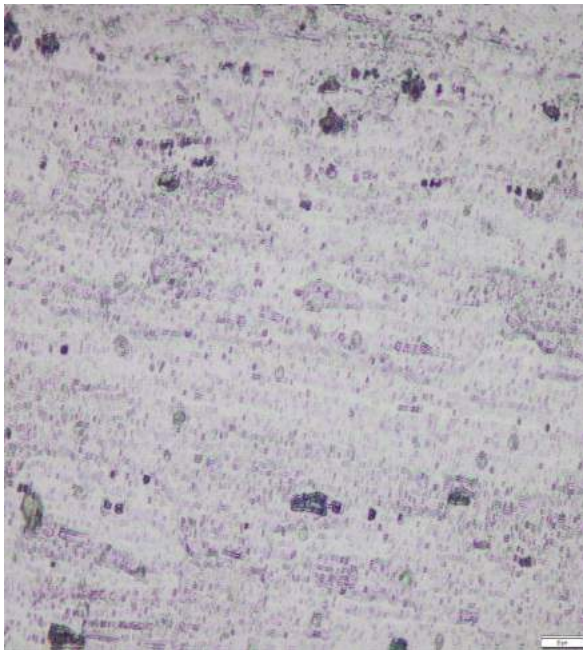
F20 HAZ 500x



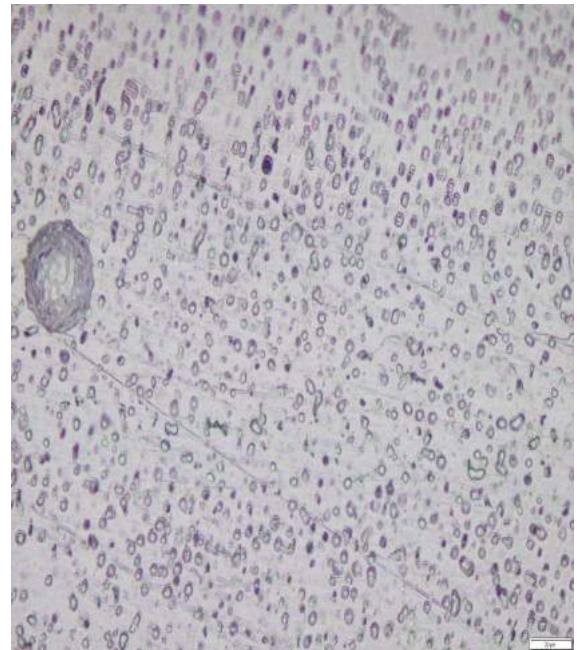
F25 BM 500x



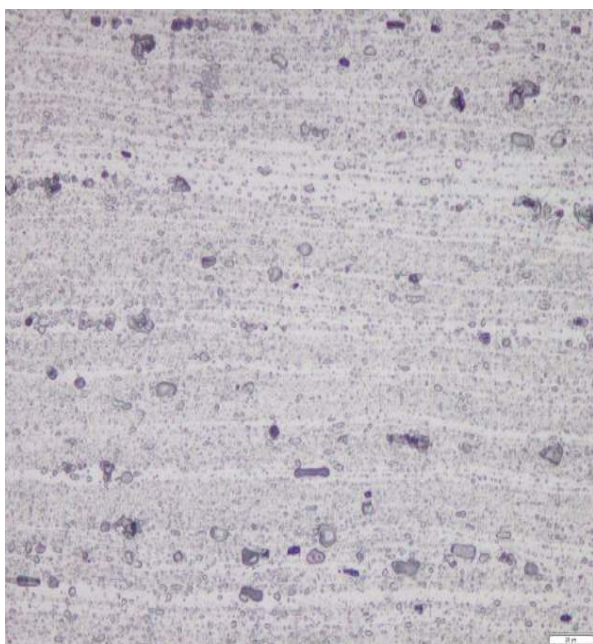
F25 FL 500x



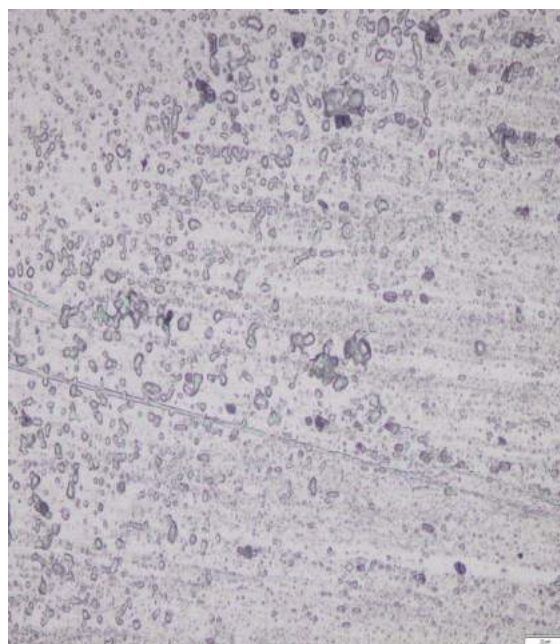
F25 HAZ 500x



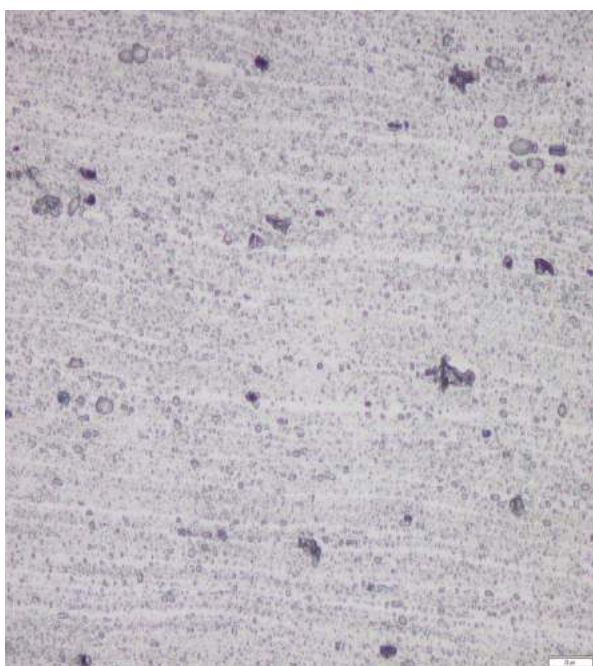
F25 WM 500x



F30 BM 500x



F30 FL 500x



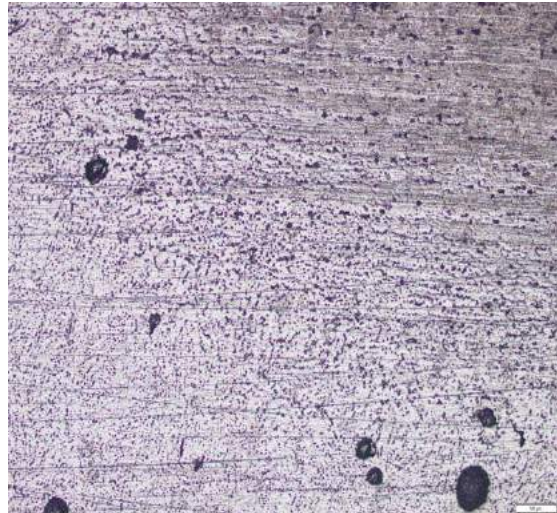
F30 HAZ 500x



F30 WM 500x



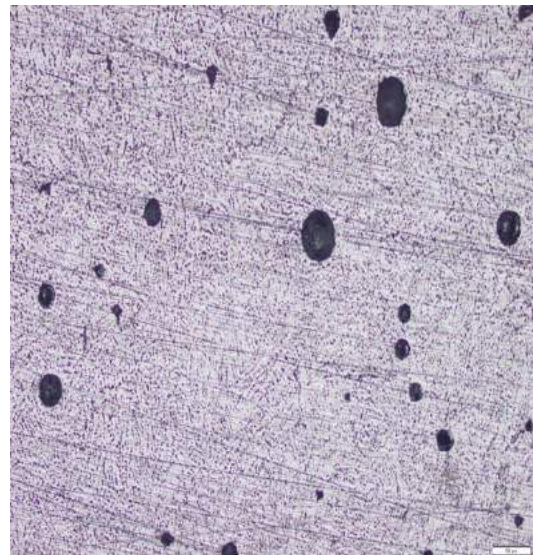
F20 BM 100x



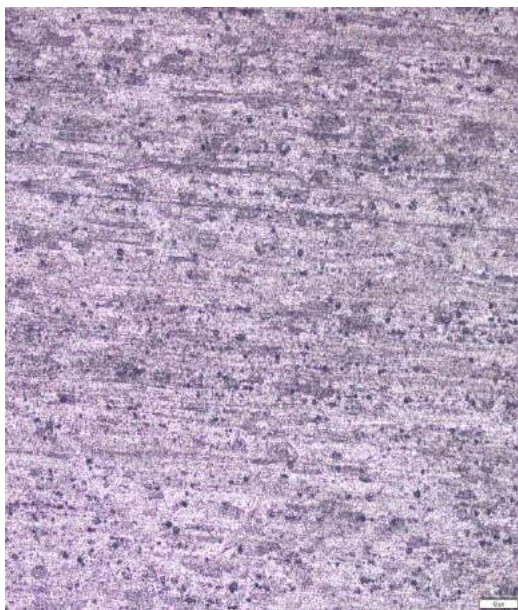
F20 FL 100x



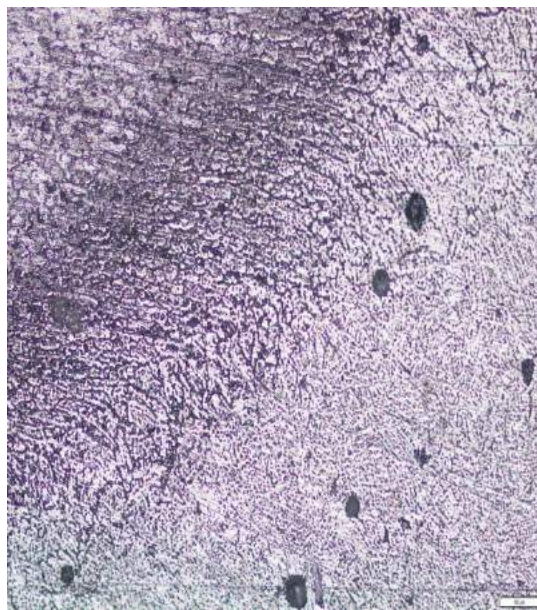
F20 HAZ 100x



F20 WM 100x



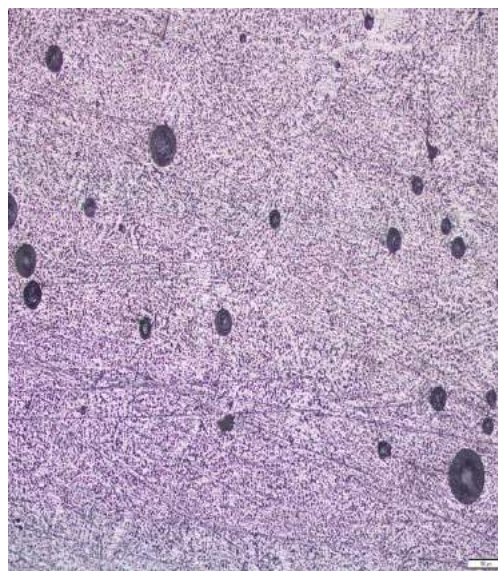
F25 BM 100x



F25 FL 100x



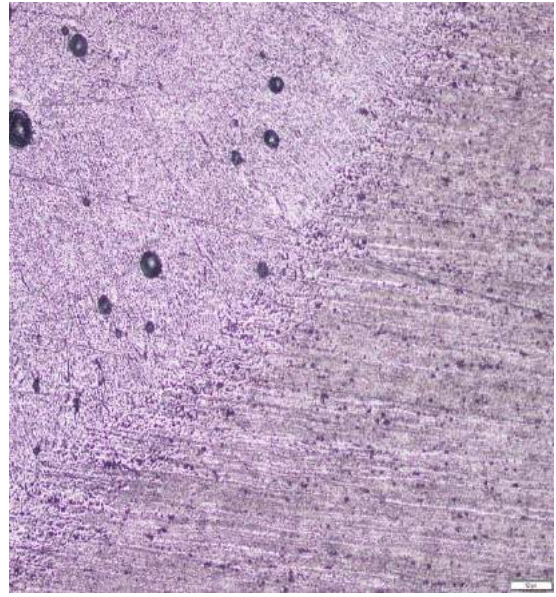
F25 HAZ 100x



F25 WM 100x



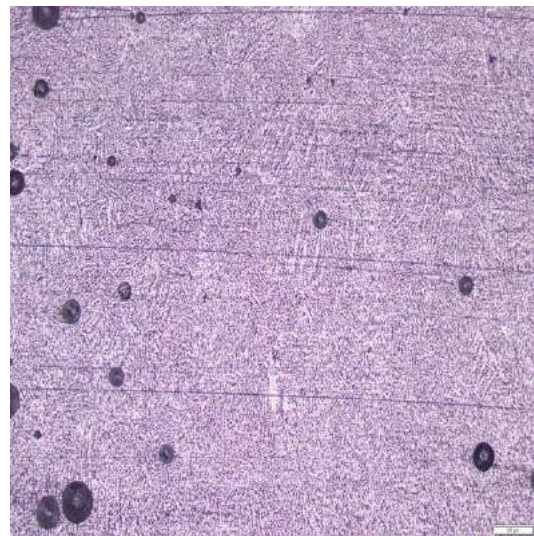
F30 BM 100x



F30 FL 100x



F30 HAZ 100x



F30 WM 100x

BIODATA PENULIS



Dicky Rizki Firmansyah lahir di Bogor, 19 November 1994. Adalah anak kedua dari tiga bersaudara, menumpuh pendidikan formal dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SD Sirnagalih 01 Kabupaten Bogor pada tahun 2007 dan Sekolah Menengah Pertama di SMP Rimba Teruna Kota Bogor pada tahun 2010. Menyelesaikan jenjang Pendidikan

Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 6 Kota Bogor pada tahun 2013 hingga penulis melanjutkan pendidikan Perguruan Tinggi Negeri di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh studi, penulis aktif di keorganisasian baik kemahasiswaan maupun kepanitiaan serta aktif dalam berbagai seminar dan pelatihan-pelatihan. Dalam bidang keorganisasian, penulis pernah menjadi staff Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan FTK ITS tahun 2014-2015 dan diamanahi sebagai koordinator kegiatan Himatekla Peduli tahun 2015. Dalam bidang kepanitiaan penulis berkesempatan menjadi staff keamanan dan perizinan OCEANO 2014-2015 hingga kemudian dipercaya menjadi koordinator bagian keamanan dan perizinan OCEANO5 pada tahun 2015.

Penulis juga pernah berkesempatan untuk menjalani kerja praktik selama 2 bulan sekaligus (20 Juni 2016 – 20 Agustus 2016) di PT. Marine CadCam Indonesia, Kawasan Industri Kav.3, Sekupang Batam- Indonesia.

Penulis mengambil bidang keahlian Perancangan dan Produksi Bangunan Laut dan mengambil judul Tugas Akhir dengan judul “Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung Hasil Pengelasan GMAW Terhadap Kekuatan Mekanik Dan Struktur Mikro Alumunium Seri 5083”.